



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**PERENCANAAN PONDASI JEMBATAN DAN
PERBAIKAN TANAH UNTUK OPRIT JEMBATAN
OVERPASS MUNGKUNG DI JALAN TOL SOLO-
NGAWI-KERTOSONO STA 150+331**

**PRATHISTO PANUNTUN UNGGUL LISTYONO
NRP 3113 100 143**

Dosen Pembimbing
Ir. Suwarno, M.Eng.
Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

PERENCANAAN PONDASI JEMBATAN DAN PERBAIKAN TANAH UNTUK OPRIT JEMBATAN *OVERPASS* MUNGKUNG DI JALAN TOL SOLO- NGAWI-KERTOSONO STA 150+331

PRATHISTO PANUNTUN UNGGUL LISTYONO
NRP 3113 100 143

Dosen Pembimbing
Ir. Suwarno, M.Eng.
Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT (RC14-1501)

***PLANNING A BRIDGE FOUNDATION AND SOIL
IMPROVEMENT FOR APPROACH OF OVERPASS
MUNGKUNG BRIDGE ON THE TOLL ROAD SOLO-
NGAWI-KERTOSONO STA 150+331***

**PRATHISTO PANUNTUN UNGGUL LISTYONO
NRP 3113 100 143**

Supervisor
Ir. Suwarno, M.Eng.
Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

**PERENCANAAN PONDASI JEMBATAN DAN
PERBAIKAN TANAH UNTUK OPRIT JEMBATAN
OVERPASS MUNGKUNG DI JALAN TOL SOLO-NGAWI-
KERTOSONO STA 150+331
TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Oleh:

PRATHISTO PANUNTUN UNGGUL LISTYONO

Nrp. 3113 100 143

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

- 1. Ir. Suwarno, M. Eng** (Pembimbing I)
- 2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT** (Pembimbing II)

SURABAYA, JANUARI 2017

**PERENCANAAN PONDASI JEMBATAN DAN
PERBAIKAN TANAH UNTUK OPRIT JEMBATAN
OVERPASS MUNGKUNG DI JALAN TOL SOLO-
NGAWI-KERTOSONO STA 150+331**

Nama Mahasiswa : Prathisto Panuntun Unggul Listyono
NRP : 3113100143
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Suwarno, M.Eng
Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

Abstrak

Proyek pembangunan Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono melewati banyak perpotongan jalan antar desa sehingga diperlukan banyak konstruksi jembatan overpass agar jalan antar desa satu ke desa yang lainnya tidak terputus. Salah satunya adalah perencanaan mainroad pada STA 150+331 yang melewati Desa Mungkung, sehingga diperlukan perencanaan jembatan overpass, yaitu jembatan overpass Mungkung. Oprit jembatan overpass Mungkung berdiri di atas tanah dasar lempung yang lunak, sehingga tanah dasar memiliki daya dukung yang rendah yang dapat mengakibatkan kelongsoran pada oprit timbunan dan memiliki kemampumampatan yang tinggi yang dapat mengakibatkan perbedaan konsolidasi (differential settlement) sehingga mengakibatkan kerusakan pada perkerasan jalan yang berada di atas oprit timbunan dan struktur sambungan antara oprit dengan abutment.

Pilar dan abutment jembatan direncanakan memiliki struktur yang kuat dalam memikul beban vertikal dan horizontal serta tahan terhadap gaya gempa pada zona gempa 4 agar tidak terjadi kegagalan struktur pada jembatan. Diperlukan juga perencanaan perbaikan tanah dasar dan perkuatan oprit timbunan agar tidak terjadi kerusakan pada perkerasan jalan dan struktur sambungan abutmennya akibat kelongsoran dan perbedaan penurunan konsolidasi..

Pada Tugas Akhir ini struktur bawah jembatan overpass Mungkung akan direncanakan 3 buah pilar dan 2 buah abutment. Untuk oprit timbunan jembatan akan direncanakan metode perbaikan tanah dasar menggunakan preloading yang dikombinasikan dengan Prefabricated Vertical Drain (PVD) dan Prefabricated Horizontal Drain (PHD). Untuk perkuatan oprit akan direncanakan 2 alternatif perkuatan yaitu dengan geotextile wall atau sistem freyssisol. Pada analisis stabilitas timbunan digunakan program bantu GeoStudio. Pada tahap akhir dilakukan analisis perbandingan dari 2 alternatif untuk sistem perkuatan oprit jembatan.

Dari hasil analisis didapatkan untuk alternatif 1 yaitu dengan geotextile walls diperoleh kebutuhan geotextile untuk H oprit 8 m adalah 27 lapis, untuk H oprit 7 m adalah 23 lapis, untuk H oprit 6 m adalah 18 lapis, untuk H oprit 5 m adalah 13 lapis, untuk H oprit 4 m adalah 8 lapis, dan untuk H oprit 3 m adalah 5 lapis. Untuk perkuatan memanjang diperoleh kebutuhan geotextile walls sebanyak 27 lapis.

Pada alternatif 2 yaitu dengan freyssisol diperoleh masing-masing kebutuhan paraweb straps untuk T_u 30 kN adalah 183,2 kg, untuk T_u 50 kN adalah 967,9 kg, dan untuk T_u 100 kN adalah 2587,1 kg. Untuk perkuatan memanjang diperoleh kebutuhan geotextile walls sebanyak 11 lapis.

Dari kedua alternatif dipilih alternatif 1 karena ketersediaan material geotextile di Indonesia dan kemudahan mendapatkan material dibanding freyssisol yang harus diimpor dari luar Indonesia. Pondasi pilar 1 (pilar tengah) adalah tiang pancang dengan diameter 60 cm sebanyak 25 buah dan kedalaman tiang 27,5 m. Pondasi pilar 2 adalah tiang pancang dengan diameter 60 cm sebanyak 16 buah dan kedalaman tiang 27,5 m. Pondasi abutment adalah tiang pancang dengan diameter 60 cm sebanyak 24 buah dan kedalaman tiang 27,5 m.

Kata kunci: Jembatan Overpass Mungkung, Prefabricated Vertical Drain, Prefabricated Horizontal Drain, Geotextile Wall, Freyssisol, Pilar, Abutment

***PLANNING A BRIDGE FOUNDATION AND SOIL
IMPROVEMENT FOR APPROACH OF OVERPASS
MUNGKUNG BRIDGE ON THE TOLL ROAD SOLO-
NGAWI-KERTOSONO STA 150+331***

<i>Name</i>	: Prathisto Panuntun Unggul Listyono
<i>NRP</i>	: 3113100143
<i>Department</i>	: Teknik Sipil FTSP-ITS
<i>Supervisor</i>	: Ir. Suwarno, M.Eng Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

Abstract

Toll road Solo-Ngawi-Kertosono construction project through many intersections of roads between villages and even between cities, so it requires a lot of construction of overpass bridges for the road between two villages is not interrupted due to the construction. One of them is planning mainroad at STA 150+331 which passes through the village of Mungkung, so that be required planning overpass bridge, that is Overpass Mungkung Bridge. Approach of Overpass Mungkung bridge stand on soft clay soil (subgrade), so the subgrade has low bearing capacity which can occur sliding in approach embankment and has high settlement which can occur differential settlement so it can damage the pavement which is on the approach.

Pier and abutment of bridge planned to have a strong structure in receiving the vertical and horizontal loads and resistant to earthquake forces in earthquake zone 4 in order to avoid structural failure on the bridge. Then, improvement subgrade is needed to strength embankments to prevent damage the pavement and connection structure of abutment..

In this Final Project, lower structure of the bridge will be planned 3 piers and 2 abutments. For approach embankment will be planned using the preloading combined with Prefabricated Vertical Drain (PVD) and Prefabricated Horizontal Drain (PHD)

to improving soil. The approach will be planned two alternative reinforcement methods. The first alternative is geotextile walls and the second alternative is freyssisol system. On the embankment stability analysis, analysis used GeoStudio software.

From the analysis of first alternative (geotextile wall), the embankment needs geotextile for height of approach 8 m is 27 layers, for height of approach 7 m is 23 layers, for height of approach 6 m is 18 layers, for height of approach 5 m is 13 layers, for height of approach 4 m is 8 layers, and for height of approach 3 m is 5 layers. For longitudinal reinforcement obtained needs as many as 27 layers of geotextile walls.

In the second alternative (freyssisol) obtained needs paraweb strap with T_u 30 kN is 183,2 kgs, T_u 50 kN is 967,9 kg, and T_u 100 kN is 2587,1 kg. For longitudinal reinforcement obtained needs as many as 11 layers of geotextile walls.

Based on comparison of two alternatives, is chosen alternative 1 that availability of geotextile material in Indonesia and the ease of getting material than freyssisol which have to imported from outside Indonesia. The foundation of pier 1 (middle pier) is piles with a diameter of 60 cm as many as 25 units with the depth of pile is 27,5 m. The foundation of pier 2 is piles with a diameter of 60 cm as many as 16 units with the depth of pile is 27,5 m. The foundation of abutment is piles with a diameter of 60 cm as many as 24 units with the dept of pile is 27,5 m.

Keyword: Overpass Mungkung Bridge, Prefabricated Vertical Drain, Prefabricated Horizontal Drain, Geotextile Wall, Freyssisol, Pier, Abutment.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum.wr.wb

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Pondasi Jembatan dan Perbaikan Tanah Untuk Oprit Jembatan *Overpass* Mungkung di Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono STA 150+331” ini tepat pada waktunya.

Adapun dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh bantuan dan bimbingan serta banyak dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, rasa hormat, dan rasa sayang yang besar penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat dan anugerah-Nya.
2. Kedua orang tua, Bapak Djoko Sulistyono dan Ibu Ni Luh Putu Rayu Nurmeini yang selalu mendoakan dan memberi dukungan serta kasih sayang untuk kelancaran dalam pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Suwarno, M.Eng selaku dosen pembimbing I atas segala bimbingan, ilmu, dan waktunya dalam pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir.
4. Ibu Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT. selaku dosen pembimbing II atas segala bimbingan, ilmu, dan waktunya dalam pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir.
5. Kakak dan adik Penulis, Mba Ninda, Mas Defri, Mas Anggit, Dek Dinar, dan Dek Herjun yang selalu menjadi semangat bagi Penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Segenap keluarga besar Penulis yang telah memberikan doa dan dukungan yang begitu besar.
7. Teman-teman Jihad, Bintang, Yudha, Ical, Eki, Teguh, dan Dwiki selaku teman main dan belajar yang selalu

menghibur untuk memberikan kebahagiaan dan selalu memberi semangat bagi Penulis untuk menjadi pribadi yang optimis, pantang menyerah, dan rendah hati.

8. Teman-teman Jurusan Teknik Sipil ITS angkatan 2013 yang telah memberi doa, dukungan, dan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir.
9. Rekan-rekan satu bidang geoteknik yang senantiasa berdiskusi dan berbagi ilmu selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
10. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat Penulis sebutkan satu per satu.

Walaupun jauh dari sempurna harapan saya semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi rekan-rekan sedisiplin ilmu. Penulis juga memohon maaf atas kekurangan yang ada pada Tugas Akhir ini.

Wassalamualaikum wr wb

Surabaya, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxviii
BAB I –PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Lingkup Pekerjaan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
1.7 Lokasi Perencanaan.....	5
BAB II – TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Timbunan Oprit	7
2.2 Pemampatan Tanah	7
2.2.1 Pemampatan Konsolidasi.....	7
2.2.2 Pemampatan Tegangan ($\Delta\sigma'$) pada Tanah	9
2.3 Waktu Konsolidasi Tanah Dasar	10
2.4 Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$) dan Akhir	11
2.5 Timbunan Bertahap	12
2.6 Peningkatan Daya Dukung Tanah	14
2.7 <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD).....	15
2.8 <i>Prefabricated Horizontal Drain</i> (PHD)	21
2.9 <i>Geotextile Wall</i>	22
2.9.1 <i>Internal Stability</i>	22
2.9.2 <i>External Stability</i>	24

2.10 <i>Freyssisol</i>	26
2.11 <i>Geostudio</i>	28
2.12 <i>PCI Girder</i>	30
2.13 Perencanaan Abutment	30
2.13.1 Pondasi Langsung atau Sumuran	32
2.13.2 Pondasi Tiang Pancang Tunggal atau Tiang Pancang dalam Group	32
2.14 Pilar	33
2.15 Daya Dukung Tiang Pancang	35
2.15.1 Perumusan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang	35
2.15.2 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang Pancang ..	36
2.15.3 Ketahanan Pondasi Tiang Pancang terhadap Gaya Lateral.....	36
BAB III-METODOLOGI	43
3.1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir.....	43
3.1.1 Studi Literatur	44
3.1.2 Pengumpulan dan Analisa Data	45
3.1.3 Analisis Perencanaan Pondasi dan Oprit Jembatan.....	46
BAB IV-ANALISA DATA PERENCANAAN	47
4.1 Data Tanah.....	47
4.2 Data Material Perbaikan dan Perkuatan Tanah.....	50
4.3 Data Struktur Jembatan.....	51
BAB V-PERENCANAAN PILAR DAN ABUTMENT JEMBATAN	55
5.1 Perencanaan Pilar Jembatan	55
5.1.1 Pilar 1	55
5.1.2 Pilar 2	99
5.2 Perencanaan Abutment Jembatan	139
BAB VI-PERHITUNGAN PERENCANAAN TIMBUNAN OPRIT	173

6.1 Perhitungan Tinggi Awal (H_{inisial}) Timbunan Oprit	174
6.2 Perencanaan <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD)	191
6.2.1 Perencanaan PVD dengan Pola Segitiga	192
6.2.2 Perencanaan PVD dengan Pola Segiempat	197
6.2.3 Penentuan Pola Pemasangan PVD	202
6.3 Perhitungan <i>Rate of Settlement</i>	203
6.4 Perencanaan <i>Prefabricated Horizontal Drain</i> (PHD)	208
6.5 Perencanaan Timbunan Bertahap	211
6.6 Alternatif Perencanaan <i>Geotextile Wall</i> Arah Melintang Jembatan sebagai Perkuatan Timbunan Oprit	219
6.6.1 Kontrol <i>Internal Stability</i>	220
6.6.1.1 Perhitungan Jarak Pemasangan <i>Geotextile</i> (S_v)	220
6.6.1.2 Perhitungan Panjang <i>Geotextile</i>	225
6.6.2 Kontrol <i>External Stability</i>	228
6.6.2.1 Kontrol terhadap Guling	228
6.6.2.2 Kontrol terhadap Geser	230
6.6.2.3 Kontrol terhadap Daya Dukung Tanah	231
6.6.2.4 Kontrol terhadap <i>Overall Stability</i>	234
6.6.3 Perencanaan <i>Geotextile Wall</i> Arah Memanjang Jembatan	237
6.6.3.1 Kontrol <i>Intenal Stability</i>	237
6.6.3.1.1 Perhitungan Jarak Pemasangan <i>Geotextile</i>	237
6.6.3.1.2 Perhitungan Panjang <i>Geotextile</i>	239
6.6.3.2 Kontrol <i>External Stability</i>	240
6.6.3.2.1 Kontrol terhadap Guling	240
6.6.3.2.2 Kontrol terhadap Geser	242
6.6.3.2.3 Kontrol terhadap Daya Dukung Tanah	242
6.6.4 Perencanaan Dinding dan Pondasi Dangkal	244
6.7 Alternatif Perencanaan <i>Freyssisol</i> sebagai Perkuatan Timbunan Oprit	245

6.7.1 Perhitungan Kebutuhan <i>Freyssisol</i>	246
6.7.2 Kontrol <i>External Stability</i>	253
6.7.2.1 Kontrol terhadap Guling	253
6.7.2.2 Kontrol terhadap Geser	255
6.7.2.3 Kontrol terhadap Daya Dukung Tanah	256
6.7.3 Perencanaan <i>Geotextile Wall</i> Arah Memanjng Jembatan.....	259
6.7.3.1 Kontrol <i>Internal Stability</i>	259
6.7.3.1.1 Perhitungan Jarak Pemasangan <i>Geotextile</i> ..	259
6.7.3.1.2 Perhitungan Panjang <i>Geotextile</i>	260
6.7.3.2 Kontrol <i>External Stability</i>	262
6.7.3.2.1 Kontrol terhadap Guling	262
6.7.3.2.2 Kontrol terhadap Geser.....	263
6.7.3.2.3 Kontrol terhadap Daya Dukung Tanah	263
6.7.4 Perencanaan Dinding dan Pondasi Dangkal.....	266
6.8 Pemilihan Alternatif Perkuatan Timbunan Oprit.....	267
6.8.1 Perhitungan Total Biaya Material pada Alternatif 1	267
6.8.2 Perhitungan Total Biaya Material pada Alternatif 2	268
BAB VII-METODE PELAKSANAAN PERBAIKAN DAN PERKUATAN TANAH	271
7.1 Metode Pelaksanaan <i>Geotextile Wall</i>	271
7.2 Metode Pelaksanaan <i>Freyssisol</i>	281
BAB VIII-KESIMPULAN DAN SARAN	287
8.1 Kesimpulan	287
8.2 Saran	288
DAFTAR PUSTAKA	289
BIODATA PENULIS	485

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Perencanaan Proyek Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono	1
Gambar 1.2	Potongan Memanjang Perencanaan Jembatan <i>Overpass</i> Mungkung	3
Gambar 1.3	Lokasi Proyek Pembangunan Jembatan <i>Overpass</i> Mungkung pada Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono STA 150+331	6
Gambar 2.1	Grafik <i>Influence Factor</i> untuk Beban Merata pada Luasan Bentuk Segiempat.....	9
Gambar 2.2	Kedudukan timbunan saat mengalami pemampatan (Sumber : Mochtar, 2000)	12
Gambar 2.3	Timbunan diletakkan secara Bertahap.....	13
Gambar 2.4	Penggunaan <i>Vertical Drain</i>	15
Gambar 2.5	Pola Susunan Bujur Sangkar ($D = 1.13 \times s$)	16
Gambar 2.6	Pola Susunan Segitiga ($D = 1.05 \times s$)	17
Gambar 2.7	Diameter Ekuivalen PVD	19
Gambar 2.8	Sistem Kolaborasi <i>Prefabricated Vertical Drain</i> dan <i>Prefabricated Horizontal Drain</i>	21
Gambar 2.9	Pemasangan <i>Prefabricated Horizontal Drain</i> ..	21
Gambar 2.10	Air pori dari PVD yang disalurkan ke PHD untuk menuju saluran drainase disamping kanan/kiri timbunan.....	22
Gambar 2.11	Diagram Tegangan Tanah dan <i>Geotextile Wall</i>	23
Gambar 2.12	<i>External Stability</i> pada <i>Geotextile Walls</i>	24
Gambar 2.13	Sistem Tembok <i>Freyssisol</i>	28
Gambar 2.14	Tampilan Menu <i>Geostudio</i>	29
Gambar 2.15	<i>PCI Girder</i>	30

Gambar 2.16	Gaya yang bekerja pada Abutment.....	31
Gambar 2.17	Bentuk <i>Typical Cross-Section</i> Pilar untuk <i>Overcrossings</i> atau <i>Viaducts</i> di Darat (Chen, 2000).....	34
Gambar 2.18	Bentuk <i>Typical Cross-Section</i> Pilar untuk sungai dan penyeberangan jalur air (Chen, 2000).....	34
Gambar 2.19	<i>Bents</i> untuk Jembatan <i>Precast PCI Girder</i>	35
Gambar 2.20	Prosedur Desain untuk masing-masing Kondisi (Sumber : <i>Design Manual, NAVFAC DM-7, 1971</i>)	38
Gambar 2.21	Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang menerima Beban Lateral pada Kondisi I (Sumber: NAVFAC DM-7, 1971).....	39
Gambar 2.22	Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang menerima Beban Lateral pada Kondisi II (Sumber: NAVFAC DM-7, 1971).....	40
Gambar 2.23	Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang menerima Beban Lateral pada Kondisi III (Sumber: NAVFAC DM-7, 1971).....	41
Gambar 2.24	Kurva untuk menentukan Harga f dari berbagai Jenis Tanah (NAVFAC DM-7, 1971)	42
Gambar 3.1	Diagram Alir Tugas Akhir.....	44
Gambar 4.1	Grafik Korelasi antara $LL(\%)$ dengan C_v (cm^2/s).....	48
Gambar 4.2	<i>Layout</i> Rencana Awal Jembatan <i>Overpass</i> Mungkung.....	52
Gambar 4.3	Potongan Melintang <i>PCI H-160 cm</i>	53
Gambar 4.4	Potongan Melintang <i>PCI H-125 cm</i>	53

Gambar 5.1	Struktur Atas Jembatan.....	55
Gambar 5.2	Struktur Bawah Jembatan.....	56
Gambar 5.3	Berat Sendiri Struktur Atas Jembatan	58
Gambar 5.4	Pembebanan <i>Headstock</i>	59
Gambar 5.5	Perencanaan Struktur <i>Pier Column</i>	60
Gambar 5.6	Pembebanan <i>Pilecap</i>	60
Gambar 5.7	Pengaruh Gaya Rem pada Bentang Jembatan ..	64
Gambar 5.8	Beban Angin Arah Y (Melintang Jembatan)	64
Gambar 5.9	Gaya Angin yang Meniup Bidang Samping Kendaraan.....	67
Gambar 5.10	Beban Angin Arah X (Memanjang Jembatan) .	68
Gambar 5.11	Hubungan antara Waktu Getar (T) dengan Koefisien Geser Dasar (C) untuk Wilayah Gempa 4.....	71
Gambar 5.12	Beban Gempa Arah X (Memanjang Jembatan)	72
Gambar 5.13	Beban Gempa Arah Y (Melintang Jembatan) ..	75
Gambar 5.14	Stabilitas Guling Arah Memanjang Jembatan ..	78
Gambar 5.15	Stabilitas Guling Arah Melintang Jembatan.....	80
Gambar 5.16	Stabilitas Geser Arah Memanjang Jembatan....	81
Gambar 5.17	Stabilitas Geser Arah Melintang Jembatan	82
Gambar 5.18	Grafik Daya Dukung Tanah	84
Gambar 5.19	Diameter Tiang Pancang untuk Pilar Jembatan	84
Gambar 5.20	Konfigurasi Tiang Pancang pada Pilar	86
Gambar 5.21	Diagram Interaksi Hasil Analisa <i>PCA Column</i> (Pilar 1).....	96
Gambar 5.22	Struktur Bawah Jembatan.....	100
Gambar 5.23	Berat Sendiri Struktur Atas Jembatan	101
Gambar 5.24	Pembebanan <i>Headstock</i>	103
Gambar 5.25	Perencanaan Struktur <i>Pier Column</i>	104
Gambar 5.26	Pembebanan <i>Pilecap</i>	104

Gambar 5.27	Pengaruh Gaya Rem pada Bentang Jembatan ..	107
Gambar 5.28	Beban Angin Arah Y (Melintang Jembatan)	108
Gambar 5.29	Gaya Angin yang Meniup Bidang Samping Kendaraan.....	111
Gambar 5.30	Beban Angin Arah X (Memanjang Jembatan) ..	111
Gambar 5.31	Beban Gempa Arah X (Memanjang Jembatan)	115
Gambar 5.32	Beban Gempa Arah Y (Melintang Jembatan) ..	118
Gambar 5.33	Stabilitas Guling Arah Memanjang Jembatan ..	121
Gambar 5.34	Stabilitas Guling Arah Melintang Jembatan.....	122
Gambar 5.35	Stabilitas Geser Arah Memanjang Jembatan	123
Gambar 5.36	Stabilitas Geser Arah Melintang Jembatan	125
Gambar 5.37	Grafik Daya Dukung Tanah	126
Gambar 5.38	Diameter Tiang Pancang untuk Pilar Jembatan	127
Gambar 5.39	Konfigurasi Tiang Pancang pada Pilar 2	128
Gambar 5.40	Diagram Interaksi Hasil Analisa <i>PCA Column</i> (Pilar 2).....	136
Gambar 5.41	Berat Sendiri Struktur Atas Jembatan	140
Gambar 5.42	Perencanaan Abutment	142
Gambar 5.43	Skema Pembebanan Abutment	142
Gambar 5.44	Pengaruh Gaya Rem pada Bentang Jembatan ..	147
Gambar 5.45	Perencanaan Gaya Gempa yang bekerja pada Abutment	153
Gambar 5.46	Grafik Daya Dukung Tanah	160
Gambar 5.47	Diameter Tiang Pancang untuk abutment Jembatan	161
Gambar 5.48	Konfigurasi Tiang Pancang pada Abutment.....	162
Gambar 6.1	Potongan Melintang Timbunan Oprit dan Lapisan Tanah Dasar	174
Gambar 6.2	Potongan Melintang Timbunan Oprit Setinggi 8 m	175

Gambar 6.3	Potongan Melintang Timbunan Oprit Setinggi 7 m.....	175
Gambar 6.4	Potongan Melintang Timbunan Oprit Setinggi 6 m.....	175
Gambar 6.5	Potongan Melintang Timbunan Oprit Setinggi 5 m.....	175
Gambar 6.6	Potongan Melintang Timbunan Oprit Setinggi 4 m.....	175
Gambar 6.7	Potongan Melintang Timbunan Oprit Setinggi 3 m.....	176
Gambar 6.8	Kurva Hubungan antara Tebal Timbunan dengan Intensitas Beban yang bersesuaian dengan Beban <i>Traffic (Japan Road Association 1986)</i>	176
Gambar 6.9	Grafik Hubungan H_{final} dengan H_{inisial} , $H_{\text{dr}} = 15,5$ m.....	188
Gambar 6.10	Grafik Hubungan H_{final} dengan H_{inisial} , $H_{\text{dr}} = 10,4$ m.....	188
Gambar 6.11	Grafik Hubungan H_{final} dengan H_{inisial} , $H_{\text{dr}} = 5,2$ m.....	189
Gambar 6.12	Grafik Hubungan H_{final} dengan <i>Settlement</i> , $H_{\text{dr}} = 15,5$ m.....	189
Gambar 6.13	Grafik Hubungan H_{final} dengan <i>Settlement</i> , $H_{\text{dr}} = 10,4$ m.....	190
Gambar 6.14	Grafik Hubungan H_{final} dengan <i>Settlement</i> , $H_{\text{dr}} = 5,2$ m.....	190
Gambar 6.15	Diameter Lingkaran Ekvivalen untuk PVD.....	192
Gambar 6.16	Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan menggunakan PVD Pola Segitiga, $H_{\text{dr}} = 15,5$ m.....	196

Gambar 6.17	Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan menggunakan PVD Pola Segitiga, $H_{dr} = 10,4$ m.....	196
Gambar 6.18	Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan menggunakan PVD Pola Segitiga, $H_{dr} = 5,2$ m.....	197
Gambar 6.19	Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan menggunakan PVD Pola Segiempat, $H_{dr} = 15,5$ m.....	201
Gambar 6.20	Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan menggunakan PVD Pola Segiempat, $H_{dr} = 10,4$ m.....	201
Gambar 6.21	Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan menggunakan PVD Pola Segiempat, $H_{dr} = 5,2$ m.....	202
Gambar 6.22	Grafik Hubungan Kedalaman Pemasangan PVD dengan <i>Rate of Settlement</i> Lapisan Tanah di Bawah PVD	205
Gambar 6.23	Grafik antara t (tahun) dengan S_c (m), Kedalaman PVD $1/3 H_{dr}$	206
Gambar 6.24	Grafik antara t (tahun) dengan S_c (m), Kedalaman PVD $2/3 H_{dr}$	207
Gambar 6.25	Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan menggunakan PVD Pola Segiempat $s = 1$ m	208
Gambar 6.26	Sketsa Pemasangan PHD pada Titik-Titik PVD	210
Gambar 6.27	Ilustrasi Perencanaan Timbunan Bertahap	211
Gambar 6.28	Analisa H_{cr} menggunakan <i>Geostudio</i>	212

Gambar 6.29	Grafik Konsolidasi Tanah Dasar yang Terjadi Akibat Pentahapan Penimbunan.....	219
Gambar 6.30	Sketsa Pemasangan <i>Geotextile Wall</i> untuk Ketinggian Oprit 8 m.....	226
Gambar 6.31	Sketsa Pemasangan <i>Geotextile Wall</i> untuk Ketinggian Oprit 7 m.....	226
Gambar 6.32	Sketsa Pemasangan <i>Geotextile Wall</i> untuk Ketinggian Oprit 6 m.....	227
Gambar 6.33	Sketsa Pemasangan <i>Geotextile Wall</i> untuk Ketinggian Oprit 5 m.....	227
Gambar 6.34	Sketsa Pemasangan <i>Geotextile Wall</i> untuk Ketinggian Oprit 4 m.....	228
Gambar 6.35	Sketsa Pemasangan <i>Geotextile Wall</i> untuk Ketinggian Oprit 3 m.....	228
Gambar 6.36	Gaya dan Momen yang bekerja pada Oprit 8 m.....	229
Gambar 6.37	Analisa <i>Overall Stability</i> pada Ketinggian Oprit 8 m.....	234
Gambar 6.38	Analisa <i>Overall Stability</i> pada Ketinggian Oprit 7 m.....	234
Gambar 6.39	Analisa <i>Overall Stability</i> pada Ketinggian Oprit 6 m.....	235
Gambar 6.40	Analisa <i>Overall Stability</i> pada Ketinggian Oprit 5 m.....	235
Gambar 6.41	Analisa <i>Overall Stability</i> pada Ketinggian Oprit 4 m.....	236
Gambar 6.42	Analisa <i>Overall Stability</i> pada Ketinggian Oprit 3 m.....	236
Gambar 6.43	Sketsa Pemasangan <i>Geotextile Wall</i> Arah Memanjang	240

Gambar 6.44	Gaya dan Momen yang bekerja pada Oprit 8 m.....	241
Gambar 6.45	Sketsa Penggunaan <i>Freyssisol</i> untuk Timbunan Oprit	246
Gambar 6.46	Sketsa Pemasangan <i>straps (freyssisol)</i> untuk Ketinggian Oprit 8 m.....	251
Gambar 6.47	Sketsa Pemasangan <i>straps (freyssisol)</i> untuk Ketinggian Oprit 7 m.....	251
Gambar 6.48	Sketsa Pemasangan <i>straps (freyssisol)</i> untuk Ketinggian Oprit 6 m.....	252
Gambar 6.49	Sketsa Pemasangan <i>straps (freyssisol)</i> untuk Ketinggian Oprit 5 m.....	252
Gambar 6.50	Sketsa Pemasangan <i>straps (freyssisol)</i> untuk Ketinggian Oprit 4 m.....	252
Gambar 6.51	Sketsa Pemasangan <i>straps (freyssisol)</i> untuk Ketinggian Oprit 3 m.....	253
Gambar 6.52	Gaya dan Momen yang bekerja pada Oprit 8 m.....	254
Gambar 6.53	Sketsa Pemasangan <i>Geotextile Wall</i> Arah Memanjang	261
Gambar 6.54	Gaya dan Momen yang bekerja pada Oprit 8 m.....	262
Gambar 6.55	Dimensi Dinding Beton <i>Precast</i>	266
Gambar 7.1	Pekerjaan Penggalian dan Pengangkutan Tanah dengan <i>Excavator</i> dan <i>Dump Truck</i>	272
Gambar 7.2	<i>Motor Grader</i>	273
Gambar 7.3	<i>Crawler Crane</i>	274
Gambar 7.4	<i>Mandrel</i>	274
Gambar 7.5	<i>Anchor Plate</i>	275
Gambar 7.6	Tahapan Pemasangan PVD	276

Gambar 7.7	Pemasangan PHD	276
Gambar 7.8	<i>Dump Truck</i> untuk Mengangkut Dinding Panel Beton ke Lokasi Proyek	277
Gambar 7.9	Pemasangan Panel Beton Segmental	278
Gambar 7.10	Ilustrasi Tahapan Pekerjaan Pemasangan <i>Geotextile</i>	280
Gambar 7.11	Hasil Perataan dan Perapihan Timbunan Lapis Akhir	281
Gambar 7.12	Dinding <i>Precast</i> Beton	282
Gambar 7.13	Pemasangan Dinding <i>Precast</i> Beton	282
Gambar 7.14	Pola Pemasangan <i>Parawen Straps</i>	283
Gambar 7.15	Pemasangan <i>Paraweb Straps</i> dengan Dinding <i>Precast</i>	283
Gambar 7.16	Hasil Perataan dan Perapihan Timbunan Lapis Akhir	285
Gambar 7.17	Hasil Pekerjaan Pemasangan <i>Freyssisol</i> pada Oprit Timbunan	285

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil Rekap Data Tanah Dasar BH-1	48
Tabel 4.2	Nilai Cc, Cs, dan Cv pada BH-1	49
Tabel 4.3	Hasil Rekap Data Tanah Dasar BH-2	49
Tabel 4.4	Nilai Cc, Cs, dan Cv pada BH-2	50
Tabel 5.1	Perhitungan Pembebanan Berat Sendiri Struktur Atas	58
Tabel 5.2	Perhitungan Berat <i>Headstock</i>	59
Tabel 5.3	Perhitungan Berat <i>Pilecap</i>	61
Tabel 5.4	Perhitungan Berat Sendiri Struktur Bawah	61
Tabel 5.5	Temperatur Jembatan Rata-Rata Nominal	69
Tabel 5.6	Koefisien Perpanjangan dan Modulus Elastisitas ..	69
Tabel 5.7	Perhitungan Beban Gempa arah x (memanjang) pada Pilar 1	74
Tabel 5.8	Perhitungan Beban Gempa arah y (melintang) pada Pilar 1	76
Tabel 5.9	Rekap Beban Kerja pada Pilar	77
Tabel 5.10	Rekap Kombinasi Pembebanan untuk Perencanaan Tegangan Kerja	78
Tabel 5.11	Hasil Perhitungan SF dari Guling Arah Memanjang Jembatan	79
Tabel 5.12	Hasil Perhitungan SF dari Guling Arah Melintang Jembatan	80
Tabel 5.13	Hasil Perhitungan SF dari Geser Arah Memanjang Jembatan	82
Tabel 5.14	Hasil Perhitungan SF dari Geser Arah Melintang Jembatan	83
Tabel 5.15	Hasil Perhitungan Kombinasi Tiang Pancang D40, D50, dan D60	87

Tabel 5.16	Gaya Aksial Maksimum dan Minimum yang diderita Satu Tiang Bor D40.....	88
Tabel 5.17	Gaya Aksial Maksimum dan Minimum yang diderita Satu Tiang Bor D50.....	88
Tabel 5.18	Gaya Aksial Maksimum dan Minimum yang diderita Satu Tiang Bor D60.....	88
Tabel 5.19	Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor D40.....	89
Tabel 5.20	Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor D50.....	89
Tabel 5.21	Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor D60.....	90
Tabel 5.22	Hasil Perhitungan Kontrol Geser Lateral.....	92
Tabel 5.23	Hasil Perhitungan Kontrol Momen D40.....	92
Tabel 5.24	Hasil Perhitungan Kontrol Momen D50.....	92
Tabel 5.25	Hasil Perhitungan Kontrol Momen D60.....	93
Tabel 5.26	Total Kebutuhan dan Biaya Tiang Pancang	93
Tabel 5.27	Beban pada Kolom Pilar 1	95
Tabel 5.28	Beban Struktur Atas <i>Headstock</i>	97
Tabel 5.29	Kombinasi 1 Pembebanan pada <i>Headstock</i> (Pilar 1).....	97
Tabel 5.30	Kombinasi 2 Pembebanan pada <i>Headstock</i> (Pilar 1).....	98
Tabel 5.31	Perhitungan Pembebanan Berat Sendiri Struktur Atas	102
Tabel 5.32	Perhitungan Berat <i>Headstock</i>	103
Tabel 5.33	Perhitungan Berat <i>Pilecap</i>	104
Tabel 5.34	Perhitungan Berat Sendiri Struktur Bawah.....	105
Tabel 5.35	Temperatur Jembatan Rata-Rata Nominal.....	113
Tabel 5.36	Koefisien Perpanjangan dan Modulus Elastisitas ..	113
Tabel 5.37	Perhitungan Beban Gempa arah x (memanjang) pada Pilar 2	117

Tabel 5.38	Perhitungan Beban Gempa arah y (melintang) pada Pilar 2	119
Tabel 5.39	Rekap Beban Kerja pada Pilar	120
Tabel 5.40	Rekap Kombinasi Pembebanan untuk Perencanaan Tegangan Kerja	121
Tabel 5.41	Hasil Perhitungan SF dari Guling Arah Memanjang Jembatan	122
Tabel 5.42	Hasil Perhitungan SF dari Guling Arah Melintang Jembatan.....	123
Tabel 5.43	Hasil Perhitungan SF dari Geser Arah Memanjang Jembatan	124
Tabel 5.44	Hasil Perhitungan SF dari Geser Arah Melintang Jembatan	125
Tabel 5.45	Hasil Perhitungan Kombinasi Tiang Pancang D50 dan D60.....	128
Tabel 5.46	Gaya Aksial Maksimum dan Minimum yang diderita Satu Tiang Bor D50.....	129
Tabel 5.47	Gaya Aksial Maksimum dan Minimum yang diderita Satu Tiang Bor D60.....	130
Tabel 5.48	Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor D50.....	130
Tabel 5.49	Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor D60.....	130
Tabel 5.50	Hasil Perhitungan Kontrol Geser Lateral.....	132
Tabel 5.51	Hasil Perhitungan Kontrol Momen D50.....	133
Tabel 5.52	Hasil Perhitungan Kontrol Momen D60.....	133
Tabel 5.53	Total Kebutuhan dan Biaya Tiang Pancang	134
Tabel 5.54	Beban pada Kolom Pilar 2.....	135
Tabel 5.55	Beban Struktur Atas <i>Headstock</i>	137
Tabel 5.56	Kombinasi 1 Pembebanan pada <i>Headstock</i> (Pilar 2).....	137

Tabel 5.57	Kombinasi 2 Pembebanan pada <i>Headstock</i> (Pilar 2).....	138
Tabel 5.58	Perhitungan Pembebanan Berat Sendiri Struktur Atas	141
Tabel 5.59	Perhitungan Berat Sendiri Struktur Bawah.....	143
Tabel 5.60	Rekap Perhitungan Berat Akibat Beban Sendiri....	144
Tabel 5.61	Distribusi Beban Gempa.....	153
Tabel 5.62	Kombinasi Pembebanan untuk Perencanaan Tegangan Kerja.....	155
Tabel 5.63	Rekap Hasil Perhitungan Pembebanan Abutment .	156
Tabel 5.64	Rekap Hasil Perhitungan Kombinasi Pembebanan Abutment	156
Tabel 5.65	Hasil Perhitungan SF dari Guling Arah Memanjang Jembatan	157
Tabel 5.66	Hasil Perhitungan SF dari Guling Arah Melintang Jembatan.....	158
Tabel 5.67	Hasil Perhitungan SF dari Geser Arah Memanjang Jembatan	159
Tabel 5.68	Hasil Perhitungan SF dari Geser Arah Melintang Jembatan	160
Tabel 5.69	Hasil Perhitungan Kombinasi Tiang Pancang D40, D50, dan D60.....	163
Tabel 5.70	Gaya Aksial Maksimum dan Minimum yang diterima Satu Tiang Bor D40.....	164
Tabel 5.71	Gaya Aksial Maksimum dan Minimum yang diterima Satu Tiang Bor D50.....	164
Tabel 5.72	Gaya Aksial Maksimum dan Minimum yang diterima Satu Tiang Bor D60.....	164
Tabel 5.73	Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor D40.....	165
Tabel 5.74	Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor D50.....	165

Tabel 5.75	Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor D60.....	166
Tabel 5.76	Hasil Perhitungan Kontrol Geser Lateral.....	168
Tabel 5.77	Hasil Perhitungan Kontrol Momen D40.....	168
Tabel 5.78	Hasil Perhitungan Kontrol Momen D50.....	168
Tabel 5.79	Hasil Perhitungan Kontrol Momen D60.....	169
Tabel 5.80	Total Kebutuhan dan Biaya Tiang Pancang	169
Tabel 6.1	Variasi Beban Timbunan (q) untuk masing-masing H_{timbunan}	177
Tabel 6.2	Hasil Perhitungan Tegangan <i>Overburden</i> (σ'_o) untuk Tiap Kedalaman.....	178
Tabel 6.3	Hasil Perhitungan $\Delta\sigma'$ Setiap Lapisan Tanah Dasar untuk H_{dr} 15,5 m.....	180
Tabel 6.4	Hasil Perhitungan $\Delta\sigma'$ Setiap Lapisan Tanah Dasar untuk H_{dr} 10,4 m.....	181
Tabel 6.5	Hasil Perhitungan $\Delta\sigma'$ Setiap Lapisan Tanah Dasar untuk H_{dr} 5,2 m.....	181
Tabel 6.6	Hasil Perhitungan <i>Settlement</i> Setiap Lapisan Tanah Dasar untuk H_{dr} 15,5 m.....	184
Tabel 6.7	Hasil Perhitungan <i>Settlement</i> Setiap Lapisan Tanah Dasar untuk H_{dr} 10,4 m.....	184
Tabel 6.8	Hasil Perhitungan <i>Settlement</i> Setiap Lapisan Tanah Dasar untuk H_{dr} 5,2 m.....	185
Tabel 6.9	Hasil Perhitungan H_{inisial} dan H_{final} pada Setiap Beban q Oprit Timbunan, $H_{\text{dr}} = 15,5$ m.....	186
Tabel 6.10	Hasil Perhitungan H_{inisial} dan H_{final} pada Setiap Beban q Oprit Timbunan, $H_{\text{dr}} = 10,4$ m.....	187
Tabel 6.11	Hasil Perhitungan H_{inisial} dan H_{final} pada Setiap Beban q Oprit Timbunan, $H_{\text{dr}} = 5,2$ m.....	187
Tabel 6.12	H_{inisial} (m) dan Sc (m) untuk $H_{\text{dr}} = 15,5$ m.....	191
Tabel 6.13	H_{inisial} (m) dan Sc (m) untuk $H_{\text{dr}} = 10,4$ m.....	191

Tabel 6.14	H_{inisial} (m) dan Sc (m) untuk $H_{\text{dr}} = 5,2$ m.....	191
Tabel 6.15	Rekapitulasi Perhitungan D , n , dan $F(n)$ Pola Segitiga	194
Tabel 6.16	Rekapitulasi Perhitungan D , n , dan $F(n)$ Pola Segiempat	198
Tabel 6.17	Perhitungan Pemampatan Tanpa Pemasangan PVD pada Umur Rencana Timbunan Oprit.....	204
Tabel 6.18	Hasil Perhitungan <i>Rate of Settlement</i> Lapisan Tanah di Bawah PVD	206
Tabel 6.19	Umur Timbunan ke- i pada Minggu Ke-7	213
Tabel 6.20	Perubahan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah pada Derajat Konsolidasi, $U=100\%$	214
Tabel 6.21	Derajat Konsolidasi (U_{total}) untuk PVD Pola Pemasangan Segi Empat Spasi 1 m	215
Tabel 6.22	Perumusan Perubahan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah pada Derajat Konsolidasi, $U < 100\%$	216
Tabel 6.23	Perubahan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah pada Derajat Konsolidasi, $U < 100\%$	217
Tabel 6.24	Perubahan Nilai C_u pada Minggu Ke-7.....	218
Tabel 6.25	Rekap Nilai S_v untuk Ketinggian Oprit 8 m.....	221
Tabel 6.26	Rekap Nilai S_v untuk Ketinggian Oprit 7 m.....	222
Tabel 6.27	Rekap Nilai S_v untuk Ketinggian Oprit 6 m.....	223
Tabel 6.28	Rekap Nilai S_v untuk Ketinggian Oprit 5 m.....	223
Tabel 6.29	Rekap Nilai S_v untuk Ketinggian Oprit 4 m.....	224
Tabel 6.30	Rekap Nilai S_v untuk Ketinggian Oprit 3 m.....	224
Tabel 6.31	Perhitungan Momen Penahan untuk Oprit 8 m	229
Tabel 6.32	Perhitungan Momen Dorong untuk Oprit 8 m.....	229
Tabel 6.33	Rekap Perhitungan SF Guling	230
Tabel 6.34	Rekap Perhitungan SF Geser	231
Tabel 6.35	Perhitungan kontrol daya dukung	233

Tabel 6.36	Rekap Nilai S_v untuk Ketinggian Oprit 8 m.....	238
Tabel 6.37	Perhitungan Momen Penahan untuk Oprit 8 m	241
Tabel 6.38	Perhitungan Momen Dorong untuk Oprit 8 m.....	241
Tabel 6.39	Rekap Nilai T_{allow} untuk masing-masing Nilai T_{ult}	247
Tabel 6.40	Rekap Kebutuhan <i>Paraweb Straps</i> untuk masing-masing Dinding <i>Precast</i> , H oprit = 8 m.....	248
Tabel 6.41	Rekap Kebutuhan <i>Paraweb Straps</i> untuk masing-masing Dinding <i>Precast</i> , H oprit = 7 m.....	249
Tabel 6.42	Rekap Kebutuhan <i>Paraweb Straps</i> untuk masing-masing Dinding <i>Precast</i> , H oprit = 6 m.....	249
Tabel 6.43	Rekap Kebutuhan <i>Paraweb Straps</i> untuk masing-masing Dinding <i>Precast</i> , H oprit = 5 m.....	249
Tabel 6.44	Rekap Kebutuhan <i>Paraweb Straps</i> untuk masing-masing Dinding <i>Precast</i> , H oprit = 4 m.....	250
Tabel 6.45	Rekap Kebutuhan <i>Paraweb Straps</i> untuk masing-masing Dinding <i>Precast</i> , H oprit = 3 m.....	250
Tabel 6.46	Perhitungan Momen Penahan untuk Oprit 8 m	254
Tabel 6.47	Perhitungan Momen Dorong untuk Oprit 8 m.....	254
Tabel 6.48	Rekap Perhitungan SF Guling	255
Tabel 6.49	Rekap Perhitungan SF Geser	256
Tabel 6.50	Perhitungan Kontrol Daya Dukung	258
Tabel 6.51	Rekap Nilai S_v untuk Ketinggian Oprit 8 m.....	260
Tabel 6.52	Perhitungan Momen Penahan untuk Oprit 8 m	263
Tabel 6.53	Perhitungan Momen Dorong untuk Oprit 8 m.....	263
Tabel 6.54	Total Kebutuhan dan Biaya Material pada Alternatif 1	268
Tabel 6.55	Perhitungan Harga <i>Paraweb Straps</i> pada Setiap Ketinggian Oprit Timbunan.....	269
Tabel 6.56	Total Kebutuhan dan Biaya Material pada Alternatif 2.....	269

Tabel 8.1	Rekap Hasil Perencanaan Pondasi pada Pilar dan Abutment Jembatan	287
Tabel 8.2	Rekap Hasil Perhitungan Penulangan pada Pilar Jembatan	287
Tabel 8.3	Rekap Hasil Perhitungan Penulangan pada Abutment Jembatan	287

DAFTAR LAMPIRAN

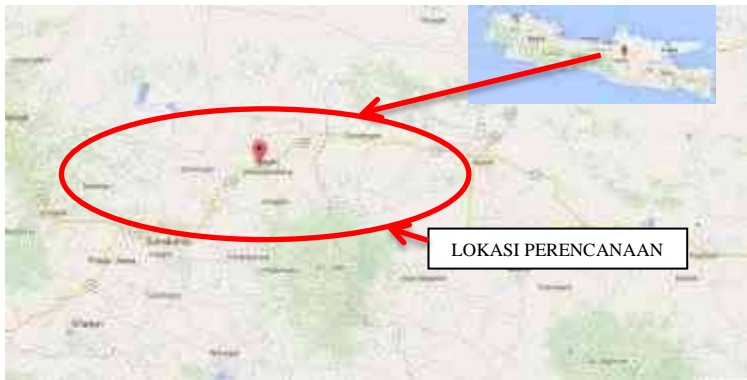
Lampiran 1	DATA PERENCANAAN	291
Lampiran 2	BROSUR-BROSUR BAHAN MATERIAL YANG DIPAKAI.....	297
Lampiran 3	ANALISA DATA TANAH	308
Lampiran 4	KOMBINASI PEMBEBANAN PADA PILAR DAN ABUTMENT	309
Lampiran 5	PERHITUNGAN BESAR PEMAMPATAN (Sc) DAN TINGGI TIMBUNAN AWAL (H _{inisial})	318
Lampiran 6	WAKTU KONSOLIDASI DAN PERCEPATAN WAKTU KONSOLIDASI DENGAN PVD.....	351
Lampiran 7	PEMAMPATAN KONSOLIDASI DAN PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH AKIBAT TIMBUNAN BERTAHAP	373
Lampiran 8	PERHITUNGAN PERENCANAAN PERKUATAN <i>GEOTEXTILE WALLS</i> UNTUK OPRIT TIMBUNAN (ALTERNATIF 1)	464
Lampiran 9	PERHITUNGAN PERENCANAAN PERKUATAN <i>FREYSSISOL</i> UNTUK OPRIT TIMBUNAN (ALTERNATIF 2).....	469

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono ini dibangun untuk menjalankan roda perekonomian dan sebagai penghubung antara Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur. Pembangunan Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono ini terintegrasi dengan Jalan Tol Trans Jawa dimana akan memberikan dampak yang cukup besar terhadap ekonomi daerah. Presiden menargetkan agar Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono dapat diselesaikan dalam jangka waktu 2,5 tahun. Oleh sebab itu, untuk mempercepat pembangunan jalan tol tersebut perlu dioptimalkan sinergi BUMN sebagai pengemban tugas untuk membangun negeri. **Gambar 1.1** adalah gambar lokasi perencanaan proyek pembangunan Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono.



Gambar 1.1 Lokasi Perencanaan Proyek Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono

BUMN yang bergabung dalam pelaksanaan proyek pembangunan Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono adalah PT Jasa Marga (Persero) Tbk dan PT Waskita Karya (Persero) Tbk.

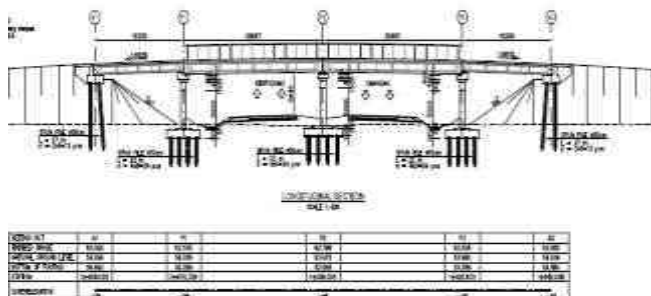
Dengan masuknya sinergi BUMN dapat mempercepat terwujudnya penyelesaian pembangunan Jalan Tol dalam rangka meningkatkan produktivitas rakyat sesuai agenda prioritas NAWA CITA. Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono memiliki panjang jalan 177,02 km. Di mana ruas Jalan Tol Solo-Ngawi adalah sepanjang 90 km dan ruas Jalan Tol Ngawi-Kertosono adalah sepanjang 87,02 km. Pada STA 150+331 terdapat perencanaan *mainroad* yang melewati perpotongan jalan antar Desa Mungkung, sehingga diperlukan perencanaan jembatan *overpass*.

Jembatan *overpass* Mungkung direncanakan memiliki 2 buah abutment dan 3 pilar dengan bentang total 86 m. 2 buah abutment yaitu satu di sisi selatan jembatan *overpass* Mungkung dan satu lainnya di sisi utara jembatan *overpass* Mungkung. Pilar dan abutment jembatan direncanakan memiliki struktur yang kuat dalam memikul beban vertikal dan horizontal serta tahan terhadap gaya gempa pada Zona Gempa 3. Di bagian belakang masing-masing abutment akan direncanakan oprit jembatan. Oprit jembatan harus dibuat sepadat mungkin agar perkerasan jalan di atasnya dan struktur sambungan abutmennya tidak mengalami kerusakan. Sehingga penurunan (*settlement*) dapat dihindarkan agar tidak membahayakan bagi kendaraan yang melewati atau berhenti di jembatan *overpass* Mungkung.

Rencana oprit jembatan dengan tanah timbunan paling tinggi adalah sebesar 8 m. **Gambar 1.2** merupakan potongan memanjang perencanaan jembatan *overpass* Mungkung. Tanah dasar timbunan pada oprit jembatan memiliki nilai NSPT rata-rata = 8 yaitu termasuk *medium clay* sampai dengan kedalaman 10 m yaitu tanah dasar lunak yang lembek yang daya dukungnya rendah dan kemampumampatannya tinggi. Daya dukung tanah yang rendah akan menyebabkan terjadinya kelongsoran pada oprit jembatan yang menimbulkan bahaya pada konstruksi jembatan di sebelah oprit jembatan. Selain itu, kemampumampatan yang tinggi menyebabkan terjadinya perbedaan penurunan konsolidasi yang mengakibatkan terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan

di atas timbunan dan sambungan antara oprit dan abutment. Dibutuhkan alternatif metode perbaikan dan perkuatan tanah dasar timbunan agar mampu menahan beban sehingga kelongsoran dan perbedaan penurunan konsolidasi tidak terjadi sehingga tidak mengalami kerusakan pada perkerasan jalan di atasnya dan struktur sambungan abutmentnya. Tidak semua alternatif bisa dilaksanakan karena alasan metode pelaksanaan yang sulit, waktu pelaksanaan yang lama, dan biaya yang terlalu mahal. Seperti misal metode *menard* dan perkuatan dengan dinding penahan tanah.

Oleh sebab itu pada tugas akhir ini akan direncanakan perbaikan tanah dasar untuk perencanaan oprit timbunan yaitu *preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD). Untuk perkuatan oprit akan direncanakan 2 alternatif perkuatan yaitu alternatif pertama dengan *geotextile wall* sebagai perkuatan timbunan dan alternatif kedua yaitu dengan sistem tembok *freyssisol*. Dari 2 alternatif untuk metode perbaikan tanah dan 2 alternatif untuk perkuatan oprit timbunan tersebut akan dipilih masing-masing salah satu alternatif yang paling efisien dan efektif untuk dilaksanakan. Untuk struktur atas jembatan akan direncanakan dari *PCI girder* yaitu dari beton *precast* dan terdapat 3 buah pilar dan 2 buah abutment.



Gambar 1.2 Potongan Memanjang Perencanaan Jembatan *overpass* Mungkung

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian diatas, beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perencanaan pondasi jembatan untuk pilar dan abutment?
2. Bagaimana hasil perencanaan perbaikan tanah dasar menggunakan *preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD), apabila dari hasil analisa data tanah memerlukan metode tersebut?
3. Bagaimana hasil perencanaan perkuatan oprit timbunan dengan menggunakan *geotextile wall*?
4. Bagaimana hasil perencanaan perkuatan oprit timbunan dengan menggunakan sistem tembok *freyssisol*?
5. Alternatif perkuatan oprit timbunan mana yang lebih tepat diterapkan untuk oprit jembatan *overpass* Mungkung di jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono STA 150+331?

1.3. Lingkup Pekerjaan

Dalam Tugas Akhir ini, lingkup pekerjaan yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan dimensi pilar dan abutment jembatan.
2. Perhitungan pembebanan yang terjadi pada pilar dan abutment jembatan.
3. Perencanaan pondasi untuk pilar dan abutment jembatan.
4. Perhitungan penulangan *pilecap*, *pier column*, dan *headstock* pada pilar.
5. Perhitungan penulangan *pilecap*, *breast wall*, dan *back wall* pada abutment
6. Perencanaan perbaikan tanah dasar timbunan oprit.
7. Perencanaan perkuatan timbunan oprit.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data sekunder yang berasal dari kontraktor Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono.
2. Tidak membahas perhitungan geometri dan perkerasan jalan.
3. Tidak merencanakan drainase jalan.
4. Biaya yang diperhitungkan adalah biaya material.

1.5. Tujuan Penelitian

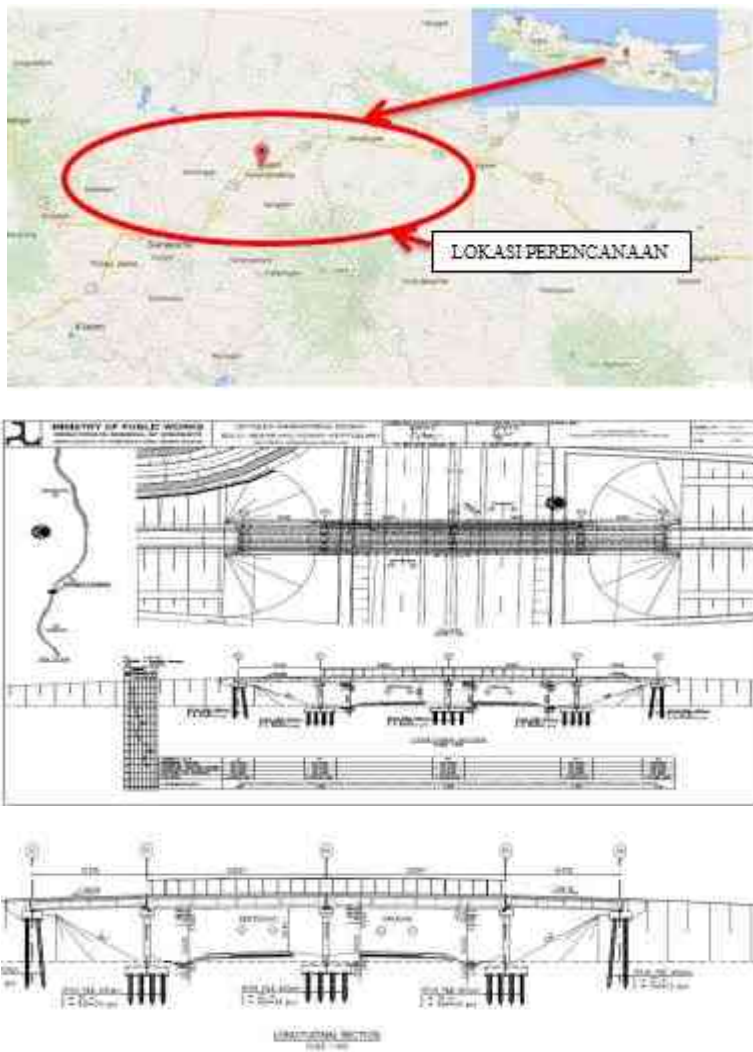
Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir ini adalah merencanakan pondasi jembatan, perbaikan tanah dasar untuk oprit timbunan, dan perkuatan oprit timbunan agar mampu menerima beban sehingga tidak terjadi kelongsoran dan perbedaan penurunan pada oprit jembatan *overpass* Mungkung yang dapat menyebabkan kerusakan pada perkerasan jalan di atasnya dan struktur sambungan abutmentnya.

1.6. Manfaat Penelitian

Perencanaan dalam Tugas Akhir ini adalah dimaksudkan agar dapat menjadi alternatif pondasi jembatan, perbaikan tanah dasar untuk oprit timbunan, dan perkuatan oprit timbunan pada oprit jembatan *overpass* Mungkung pada Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono STA 150+331 yang mungkin bisa dijadikan bahan pertimbangan oleh para pengambil keputusan di Proyek Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono.

1.7. Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan jembatan *overpass* Mungkung terletak di Sragen, yang menghubungkan Solo-Ngawi. Lebih jelas mengenai lokasi ditunjukkan pada Gambar 1.3 dimana pada proyek Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono seksi Saradan-Nganjuk akan direncanakan perbaikan oprit jembatan *overpass* Mungkung pada STA 150+331. Pada Tugas Akhir ini perencanaan oprit jembatan *overpass* Mungkung STA 150+331 sepanjang 160 meter dengan timbunan paling tinggi 8 meter yang ditunjukkan pada **Gambar 1.3.**



Gambar 1.3 Lokasi Proyek Pembangunan Jembatan *Overpass* Mungkung pada Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono STA 150+331

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Timbunan Oprit

Timbunan merupakan sejumlah tanah atau material yang digunakan untuk mengisi sejumlah ruang atau lahan untuk meninggikan permukaan tanah. Salah satu contoh aplikasi penggunaan timbunan dalam bidang konstruksi adalah oprit dalam pekerjaan jembatan. Oprit jembatan adalah timbunan tanah di belakang abutmen jembatan yang harus dibuat sepadat mungkin untuk menghindari terjadinya penurunan (*settlement*) agar tidak membahayakan bagi kendaraan yang melewati atau berhenti di jembatan itu.

Apabila oprit dibangun di atas tanah lunak, masalah yang timbul diantaranya daya dukung tanah dasar di bawah tanah timbunan yang rendah serta konsolidasi yang besar dan berlangsung lama. Penurunan konsolidasi dapat menyebabkan stabilitas lereng terganggu.

2.2. Pemampatan Tanah

2.2.1 Pemampatan Konsolidasi (*Consolidation Settlement*)

Secara umum besar pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah lempung setebal H dapat dihitung dengan persamaan (Das, 1985):

- Besar pemampatan untuk tanah NC soil:

$$S_{ci} = \frac{H}{1 + e_o} \left[C_c \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o} \right) \right] \quad [2.1]$$

- Besar pemampatan untuk tanah OC soil:

$$\text{Bila } (\sigma'_o + \Delta\sigma) \leq \sigma'_c$$

$$S_{ci} = \frac{H}{1+e_o} \left[C_c \log \left(\frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_o'} \right) \right] \quad [2.2]$$

Bila $(\sigma_o' + \Delta\sigma) > \sigma_c'$:

$$S_{ci} = \left[\frac{H}{1+e_o} C_c \log \frac{\sigma_o'}{\sigma_o'} \right] + \left[\frac{H}{1+e_o} C_c \log \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_c'} \right] \quad [2.3]$$

Dimana:

S_{ci} = pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah ke-i yang ditinjau

H_i = tebal lapisan tanah ke-i

e_o = angka pori awal dari lapisan tanah ke-i

C_c = indeks kompresi dari lapisan ke-i

C_s = indeks mengembang dari lapisan ke-i

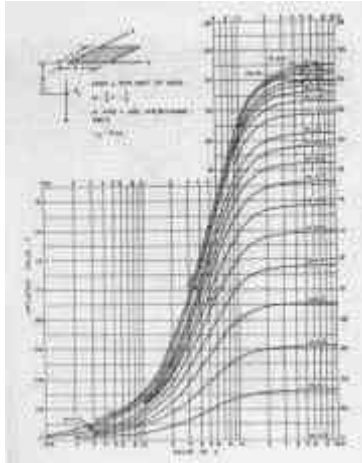
σ_o' = tekanan tanah vertikal efektif dari suatu titik di tengah-tengah lapisan ke-i akibat beban tanah sendiri diatas titik tersebut di lapangan (*effective overburden pressure*)

σ_c' = tegangan konsolidasi efektif di masa lampau (*effective past overburden pressure*)

$\Delta\sigma$ = penambahan tegangan vertikal yang ditinjau (di tengah lapisan ke-i) akibat beban timbunan yang baru (beban luar)

Catatan: Tanah lunak di Indonesia umumnya dapat dianggap sebagai tanah agak *overconsolidated* dengan harga σ_c' sebagai berikut :

$$\sigma_c' = \sigma_o' + \Delta\sigma \text{ (akibat fluktuasi terbesar muka tanah air)} \quad [2.4]$$



Gambar 2.1 Grafik *Influence Factor* untuk Beban Merata pada Luasan Bentuk Segiempat

Indeks Kompresi (C_c) dan Indeks Mengembang (C_s) untuk menghitung besar pemampatan yang terjadi di lapangan sebagai akibat dari konsolidasi ditentukan dari hasil tes di laboratorium atau menggunakan rumus empiris yang dikembangkan oleh Kosasih dan Mochtar (1986) sebagai berikut:

$$C_c = 0.006 LL + 0.13 e_0^2 - 0.13 \quad [2.5]$$

$$C_s = 0.002 LL + 0.02 e_0^2 - 0.05 \quad [2.6]$$

dimana:

LL = batas cair (%)

e_0 = angka pori

2.2.2 Penambahan Tegangan ($\Delta\sigma'$) pada Tanah

$\Delta\sigma'$ merupakan tambahan tegangan akibat pengaruh beban timbunan yang ditinjau di tengah-tengah lapisan. Besarnya $\Delta\sigma$ adalah:

$$\Delta\sigma = \sigma_z = I \times q \quad [2.7]$$

Dimana:

q = tegangan vertikal efektif di muka tanah berupa timbunan

I = faktor pengaruh (*influence factor*) yang ditentukan dari kurva NAVFAC DM-7, 1970 (**Gambar 2.1**)

Nilai $\Delta\sigma$ yang diperoleh adalah untuk $\frac{1}{2}$ bentuk timbunan sehingga untuk bentuk timbunan yang simetris, nilai I yang diperoleh harus dikali 2, dan berubah menjadi:

$$\Delta\sigma = 2 \times q_0 \quad [2.8]$$

2.3. Waktu Konsolidasi Tanah Dasar

Proses konsolidasi tanah lempung yang tebal berlangsung dalam waktu yang sangat lama. Perbandingan antara pemampatan tanah pada saat t dengan pemampatan total yang terjadi disebut derajat konsolidasi. Nilai derajat konsolidasi adalah antara 0% sampai 100%. Formula derajat konsolidasi :

$$U = \frac{St}{S} \times 100\% \quad [2.9]$$

Dimana :

U = Derajat konsolidasi

St = Pemampatan pada saat t

S = Pemampatan total yang terjadi

Pemampatan konsolidasi lapisan tanah dasar yang terjadi karena keluarnya air pori ke lapisan yang lebih porous, yaitu ke atas atau ke bawah saja (*single drainage*) atau ke atas dan ke bawah (*double drainage*). Waktu konsolidasi dapat diasumsikan sebagai berikut :

$$t = \frac{T_v(H_{dr})^2}{C_v} \quad [2.10]$$

Dimana :

t = waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pemampatan konsolidasi

T_v = *time factor*

H_{dr} = jarak terjauh air pori di lapisan tanah untuk mengalir keluar

C_v = koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah vertikal

Untuk tanah yang memiliki banyak lapis dengan ketebalan yang berbeda-beda, harga C_v gabungan dapat ditentukan dengan formula berikut :

$$C_v \text{ gabungan} = \frac{[H_1 + H_2 + \dots + H_n]^2}{\left[\frac{H_1}{\sqrt{C_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{v2}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{C_{vn}}} \right]^2} \quad [2.11]$$

Kecepatan pemampatan pada umur jalan dapat dihitung melalui rumus berikut ini:

$$Tv = \frac{t \times Cv}{(H_{dr})^2} \quad [2.12]$$

Dimana :

H_{dr} = jarak yang dibutuhkan air untuk keluar

C_v = harga C_v tanah pada lapisan setebal tanah yang mengalami settlement

t = waktu yang ditentukan

Untuk U antara 0 – 60 % :

$$Uv = \left(2 \sqrt{\frac{Tv}{\pi}} \right) \times 100\% \quad [2.13]$$

Untuk U > 60 % :

$Uv = (100 - a)\%$, dimana nilai a adalah

$$a = \frac{1.781 - Tv}{0.933} \quad [2.14]$$

2.4. Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$) dan Akhir

Tinggi timbunan awal pada saat pelaksanaan tidak sama dengan tinggi timunan rencana. Untuk menentukan tinggi timbunan rencana, perlu diperhatikan besarnya pemampatan yang terjadi pada tanah asli. Untuk mencari besarnya tinggi timbunan awal ($H_{initial}$) digunakan persamaan:

$$q = (H_{initial} - S_c) * \gamma_{timb} + S_c * \gamma'_{timb}$$

$$q = (H_{initial} \times \gamma_{timb}) - (S_c \times \gamma_{timb}) + (S_c \times \gamma'_{timb})$$

$$H_{initial} = \frac{(q + (S_c \times \gamma_{timb}) + (S_c \times \gamma'_{timb}))}{\gamma_{timb}} \quad [2.15]$$

$$H_{akhir} = H_{initial} - S_c \quad [2.16]$$

Dimana:

$H_{initial}$ = tinggi timbunan awal

H_{akhir} = tinggi timbunan akhir

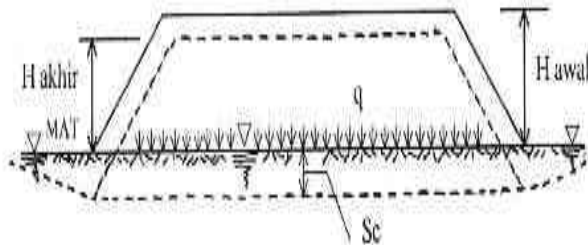
S_c = total penurunan tanah akibat timbunan H

γ'_{timb} = berat volume efektif material timbunan

Bila $\gamma_{sat} = \gamma_{timb}$, maka:

$$q = H_{initial} \cdot \gamma_{timb} - S_c \cdot \gamma_w$$

$$H_{initial} = \frac{q + S_c \times \gamma_w}{\gamma_{timb}}$$

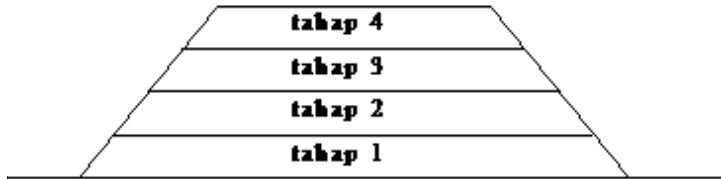


Gambar 2.2 Kedudukan timbunan saat mengalami pemampatan
(Sumber : Mochtar, 2000)

2.5. Timbunan Bertahap

Pelaksanaan konstruksi timbunan secara bertahap dilakukan dengan cara menimbun tanah secara bertahap dalam jangka waktu tertentu. Metode ini bertujuan untuk mencegah kegagalan pada tanah dasar dengan cara memampatkan tanah dasar hingga tanah timbunan berikutnya diberikan, sehingga stabilitas tanah dasar dapat ditingkatkan. Penambahan beban setiap lapisan mengacu pada ketinggian yang masih mampu dipikul yaitu H kritis agar tidak terjadi kelongsoran. Untuk menentukan H kritis dapat

digunakan program bantu XSTABLatau *Geostudio*. Pemberian timbunan secara bertahap dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Timbunan diletakkan secara Bertahap

Perumusan untuk menghitung pemampatan konsolidasi yang terjadi adalah:

- Apabila $p'_{o} + \Delta p_1 \leq p_c =$

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{p'_{o} + \Delta p_1}{p'_{o}} \right) \quad [2.17]$$

- Apabila $p'_{o} + \Delta p_1 + \Delta p_2 > p_c =$

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_o} \log \frac{p'_c}{p'_{o} + \Delta p_1} + \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{p'_{o} + \Delta p_1 + \Delta p_2}{p'_c} \right) \quad [2.18]$$

- Apabila $p'_{o} + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 > p_c =$

$$S_c = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{p'_{o} + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3}{p'_{o} + \Delta p_1 + \Delta p_2} \right) \quad [2.19]$$

C_c = Indeks pemampatan (*compression index*)

C_s = Indeks mengembang (*swelling index*)

P'_{o} = Tegangan efektif *overburden*

Δp = Penambahan tegangan akibat beban tahapan timbunan

e_o = Angka pori tanah dasar

Perumusan untuk penambahan tegangan akibat beban bertahap (ΔP) sebagai berikut.

- ΔP_1 (Δ tegangan) akibat tahap penimbunan (1), dari 0 m s/d h_1 selamat t_1 (derajat konsolidasi = U_1).

$$\Delta P_{1-U1} = \left(\frac{\sigma'_1}{P'_{1o}} \right)^{U1} \cdot P'_{1o} - P'_{1o} \quad [2.20a]$$

- ΔP_2 (Δ tegangan) akibat tahap penimbunan (2), dari h_1 s/d h_2 selamat t_2 (derajat konsolidasi = U_2).

$$\Delta P_{2-U2} = \left(\frac{\sigma'_2}{P'_{11}} \right)^{U2} \cdot P'_{11} - P'_{11} \quad [2.20a]$$

- ΔP_3 (Δ tegangan) akibat tahap penimbunan (3), dari h_2 s/d h_3 selamat t_3 (derajat konsolidasi = U_3).

$$\Delta P_{3-U3} = \left(\frac{\sigma'_3}{P'_{12}} \right)^{U3} \cdot P'_{12} - P'_{12} \quad [2.20a]$$

2.6. Peningkatan Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah dasar dapat meningkat jika beban timbunan diletakkan secara bertahap sampai mencapai tinggi timbunan kritis (H_{cr}). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ardana dan Mochtar (1999), diketahui bahwa terdapat vertikal efektif (σ_p'). Peningkatan daya dukung tanah akibat pemampatan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

- Untuk harga *Plasticity index*, PI tanah < 120%

$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.0737 + (0.1899 - 0.0016 \text{ PI}) \sigma_o' \quad [2.21]$$

- Untuk harga *Plasticity Index*, PI tanah > 120%

$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.0737 + (0.0454 - 0.00004 \text{ PI}) \sigma_o' \quad [2.22]$$

Dimana harga σ_o' dalam kg/cm^2

Untuk tanah yang sedang mengalami konsolidasi, harga σ_p' berubah sesuai dengan waktu. Secara umum menurut Ardana dan Mochtar (1999) harga σ_p' dapat dicari dengan cara berikut ini:

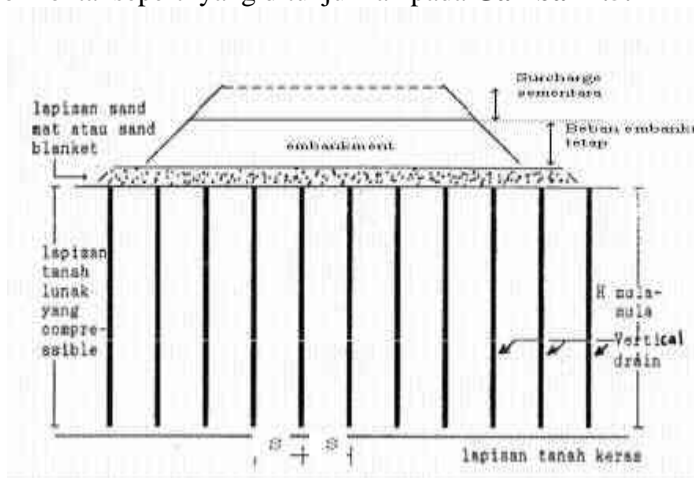
$$\sigma_p' = \left(\frac{P_o' + \Delta p'}{P_o'} \right)^U \cdot P_o' \quad [2.23]$$

Bila: $U = 100\% = 1$, maka $\sigma_p' = p_o' + \Delta p'$

$U < 100\%$, maka $\sigma_p' < p_o' + \Delta p'$

2.7. Prefabricated Vertical Drain (PVD)

Pemasangan *vertical drain* bertujuan untuk mempercepat waktu pemampatan. Hal ini dikarenakan pemampatan konsolidasi yang terjadi pada tanah lempung berlangsung sangat lambat. Dengan adanya *vertical drain* maka air pori tanah tidak hanya mengalir keluar ke arah vertikal saja, tetapi juga ke arah horizontal seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.4 Penggunaan *Vertical Drain*

PVD terbuat dari bahan geosintetik yang diproduksi di pabrik. Bahan ini dapat mengalirkan air dengan baik, namun masa efektif kerja bahan ini hanya 6 bulan. PVD lebih umum dipakai di lapangan dibandingkan dengan kolom pasir karena kolom pasir pemasangannya jauh lebih rumit dan juga lebih mahal.

Waktu konsolidasi yang dibutuhkan dengan menggunakan *vertical drain* menurut Barron (1948) adalah :

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \cdot ch} \right) \cdot F(n) \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \bar{U}_h} \right) \quad [2.24]$$

Dimana:

t = waktu yang diperlukan untuk mencapai \bar{U}_h

D = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari PVD

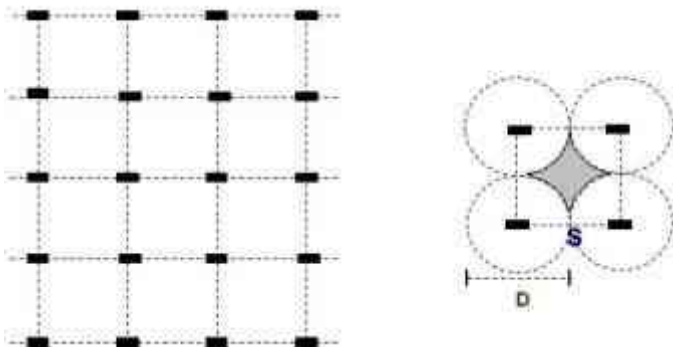
$D = 1.13 \times S$, untuk pola susunan bujur sangkar, dan

$D = 1.05 \times S$, untuk pola susunan segitiga

Ch = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial

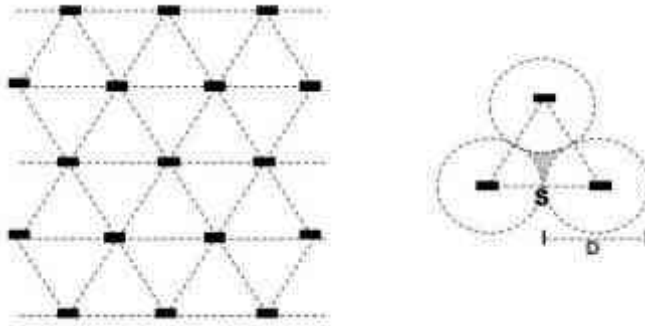
\bar{U}_h = Derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial

Pola pemasangan bujur sangkar:



Gambar 2.5 Pola Susunan Bujur Sangkar ($D = 1.13 \times s$)

Pola pemasangan segitiga:



Gambar 2.6 Pola Susunan Segitiga ($D = 1.05 \times s$)

Teori di atas dikembangkan oleh Hansbo (1979) dengan memasukkan dimensi fisik dan karakteristik dari PVD. Fungsi $F(n)$ merupakan fungsi hambatan akibat jarak antar titik pusat PVD. Harga $F(n)$ didefinisikan dengan:

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \left(\frac{3n^2 - 1}{4n^2} \right) \right] \text{ atau}$$

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right] \quad [2.25]$$

Dimana:

$n = D/dw$

dw = diameter ekuivalen dari *vertical drain*

Pada umumnya $n > 20$ sehingga dapat dianggap $1/n = 0$

Jadi: $F(n) = \ln(n) - \frac{3}{4}$, atau

$F(n) = \ln(D/dw) - \frac{3}{4}$

Hansbo (1979) menentukan waktu konsolidasi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \cdot Ch} \right) (F(n) + Fs + Fr) \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \bar{u}_h} \right) \quad [2.26]$$

Dimana:

$F(n)$ = faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD

F_s = faktor hambatan tanah yang terganggu

F_r = faktor hambatan akibat gangguan pada PVD sendiri

Harga F_r merupakan faktor tahanan akibat adanya gangguan pada PVD sendiri dan dirumuskan sebagai berikut:

$$F_r = \pi \cdot z \cdot (L - z) \cdot \left(\frac{kh}{q_w} \right) \quad [2.27]$$

Dimana:

z = kedalaman titik yang ditinjau pada PVD terhadap permukaan tanah

L = panjang drain

kh = koefisien permeabilitas arah horizontal dalam tanah yang tidak terganggu (*undisturbed*)

q_w = *discharge capacity* (Kapasitas discharge) dari drain (tergantung dari jenis PVD nya)

Harga F_s merupakan faktor yang disebabkan oleh ada tidaknya perubahan pada tanah di sekitar PVD akibat pemancangan PVD tersebut. Faktor ini memasukkan pengaruh “*disturbance*” (gangguan) terhadap tanah karena pemancangan tersebut. F_s dapat dirumuskan sebagai berikut:

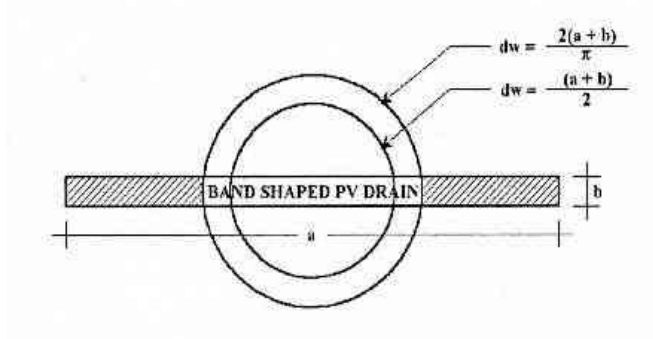
$$F_s = \left(\frac{kh}{k_s} - 1 \right) \cdot \ln \left(\frac{ds}{dw} \right) \quad [2.28]$$

Dimana:

k_s = koefisien permeabilitas arah horizontal pada tanah sudah terganggu (*disturbed*)

ds = diameter daerah yang terganggu (*disturbed*) sekeliling *vertical drain*

dw = diameter lingkaran ekuivalen untuk PVD



Gambar 2.7 Diameter Ekuivalen PVD

Dalam persamaan di atas, adanya faktor F_s dan F_r cenderung memperlambat kecepatan konsolidasi. Dari penyelidikan diketahui bahwa faktor yang paling penting adalah $F(n)$. Besar faktor (F_s) dapat mendekati atau bahkan lebih besar daripada $F(n)$, tergantung dari besarnya kerusakan pada tanahnya akibat pemancangan PVD. Dari data lapangan didapatkan harga $F_s/F(n)$ dapat berkisar antara 1 sampai 3. Untuk memudahkan perencanaan maka dapat diasumsikan bahwa $F(n) = F_s$. Pengaruh perlawanan aliran (F_r) umumnya kecil dan tidak begitu penting, maka harga F_r dapat dianggap nol.

Dengan melihat asumsi di atas, persamaan waktu konsolidasi dapat ditulis sebagai berikut:

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \cdot Ch} \right) \cdot (2 \cdot F(n)) \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \bar{U}h} \right) \quad [2.29]$$

Dimana:

- t = waktu yang diperlukan untuk mencapai $\bar{U}h$
- D = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*
- Ch = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial
- $F(n)$ = faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD
- $\bar{U}h$ = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial

Dengan memasukkan harga t tertentu, dapat dicari harga $\bar{U}h$ pada lapisan tanah yang dipasang PVD. Selain konsolidasi akibat aliran air pori arah horizontal, juga terjadi konsolidasi akibat aliran pori arah vertikal $\bar{U}v$. Harga $\bar{U}v$ ini dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$Tv = \frac{t.Cv}{(H_{dr})^2} \quad [2.30]$$

Dimana:

H_{dr} = panjang PVD

Cv = harga Cv tanah pada lapisan setebal panjang PVD

t = waktu yang dipilih

Harga $\bar{U}v$ dicari dengan rumus:

- Untuk $\bar{U}v$ antara 0 s/d 60%

$$\bar{U}v = \left(2\sqrt{\frac{Tv}{\pi}} \right) x 100\% \quad [2.31]$$

- Untuk $\bar{U}v > 60\%$

$$\bar{U}v = (100 - 10^a)\%$$

Dimana nilai a adalah

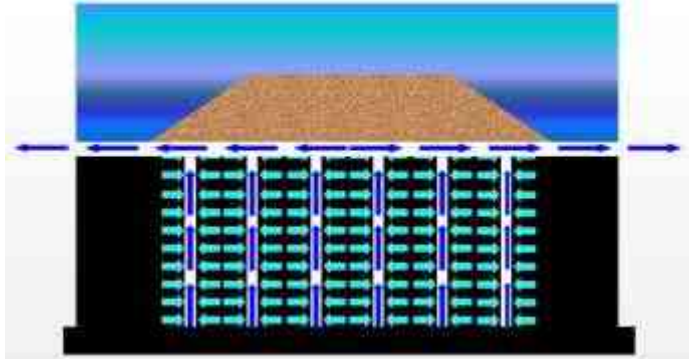
$$a = \frac{1.781 - Tv}{0.933} \quad [2.32]$$

Derajat konsolidasi rata-rata \bar{U} dapat dicari dengan cara:

$$\bar{U} = [1 - (1 - \bar{U}h). (1 - \bar{U}v)] x 100\% \quad [2.33]$$

2.8. *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)*

Prefabricated Horizontal Drain digunakan untuk mengalirkan aliran air dari *Prefabricated Vertical Drain* dalam tanah ke saluran drainase utama disamping kanan atau kiri timbunan seperti pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2.8 Sistem Kolaborasi *Prefabricated Vertical Drain* dan *Prefabricated Horizontal Drain*



Gambar 2.9 Pemasangan *Prefabricated Horizontal Drain*

Yang nantinya air pori akan keluar melewati *Prefabricated Vertical Drain* dan disalurkan di atas tanah menggunakan *Prefabricated Horizontal Drain* untuk menuju saluran drainase di samping kanan/kiri timbunan.



Gambar 2.10 Air pori dari PVD yang disalurkan ke PHD untuk menuju saluran drainase disamping kanan/kiri timbunan

2.9. *Geotextile Wall*

Geotextile Wall berfungsi sebagai dinding penahan tanah. Tujuannya untuk menjaga kestabilan lereng timbunan. Material *geotextile* yang dapat digunakan adalah jenis *geotextile woven* yaitu lembaran tekstil yang dibuat dengan cara menganyam dua set atau lebih elemen, seperti benang, fiber, pita, atau filament, dimana elemen ini saling bertautan. Kontrol stabilitas dari *geotextile* sebagai dinding penahan tanah yang perlu ditinjau adalah:

- *Internal Stability*
- *External Stability*

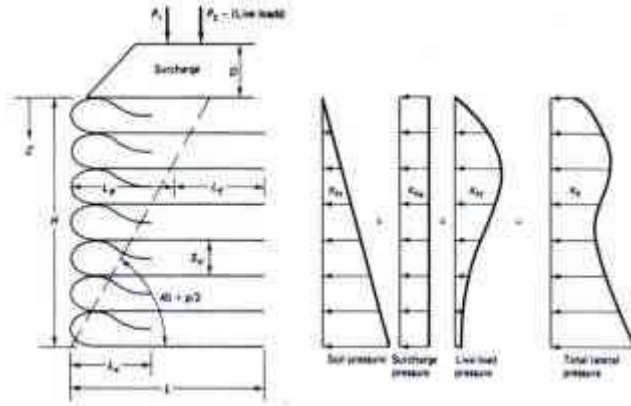
2.9.1. *Internal Stability*

Gaya-gaya yang perlu diperhatikan pada *internal stability* adalah gaya tanah di belakang dinding dan beban luar yaitu beban *surcharge* dan beban hidup.

Besar tegangan horisontal yang diterima dinding (σ_H):

$$\sigma_H = \sigma_{HS} + \sigma_{Hq} + \sigma_{HL} \quad [2.34]$$

σ_{HS} = Tegangan horizontal akibat tanah di belakang dinding
 σ_{Hq} = Tegangan horizontal akibat tanah timbunan/*surcharge*
 σ_{HL} = Tegangan horizontal akibat tanah hidup



Gambar 2.11 Diagram Tegangan Tanah dan *Geotextile Walls*
 Jarak Vertikal Pemasangan *Geotextile* (S_v) adalah:

$$S_v = \frac{T_{All}}{SF \times \sigma_{HZ} \times 1} \quad [2.35]$$

σ_{HZ} = Tegangan horizontal pada kedalaman Z
 $SF = 1,3 - 1,5$

Panjang *geotextile* yang ditanam (L):

$$L = L_e + L_R \quad [2.36]$$

L_e = Panjang *geotextile* yang berada dalam *anchorage zone*
 (minimum = 3 ft atau 1 m)

L_R = Panjang *geotextile* yang berada di depan bidang longsor

$$L_R = (H - Z)x \left[\tan \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \right] \quad [2.37]$$

Panjang L_e :

$$L_e = \frac{S_v \cdot \sigma_H \cdot SF}{2 \cdot [c + \sigma_v (\tan \delta)]} \quad [2.38]$$

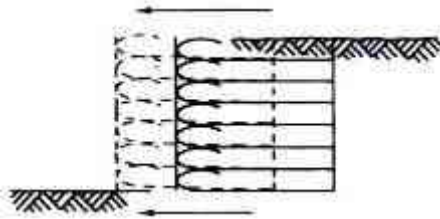
Panjang lipatan (L_o) :

$$L_o = \frac{S_v \cdot \sigma_H \cdot SF}{4 \cdot [c + \sigma_v (\tan \delta)]} \quad [2.39]$$

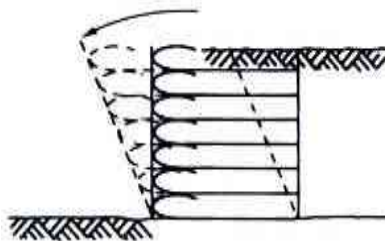
2.9.2. External Stability

Untuk perencanaan *geotextile wall*, timbunan perlu diperhatikan *external stability*, yaitu:

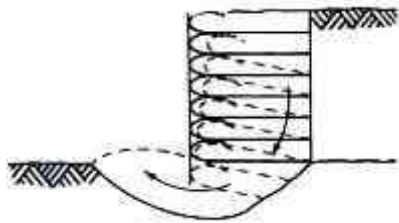
- Aman terhadap geser



- Aman terhadap guling



- Aman terhadap kelongsoran daya dukung



Gambar 2.12 *External Stability* pada *Geotextile Walls*

- Kontrol Terhadap Geser

Faktor keamanan dapat dihitung dengan rumusan:

$$SF = \frac{\sum \text{Gaya Penahan}}{\sum \text{Gaya Dorong}} \geq 3 \quad [2.40]$$

Dimana:

$$\text{Gaya penahan} = \left[c + \left(\frac{w_1 + w_2 + P_a \sin \delta}{L} \right) \tan \delta \right] \cdot L$$

$$\text{Gaya dorong} = P_a \cos \delta$$

- Kontrol Terhadap Guling

Faktor keamanan dapat dihitung dengan rumusan:

$$SF = \frac{\sum \text{Momen Penahan}}{\sum \text{Momen Dorong}} \geq 3 \quad [2.41]$$

Dimana:

$$\text{Momen penahan} = w_1 x_1 + w_2 x_2 + P_a \sin \delta (L)$$

$$\text{Momen dorong} = P_a \cos \delta (1/3h)$$

- Kontrol Terhadap Daya Dukung

Faktor keamanan dapat dihitung dengan rumusan:

$$SF = \frac{P_{ultimate}}{P_{action}} \geq 3 \quad [2.42]$$

Dimana:

$$P_{ultimate} = cN_c + qN_q + 0,5\gamma BN_\gamma$$

$$P_{action} = (\gamma_{timb} \cdot h_{timb}) + q$$

2.10. Freyssisol

Sistem tembok *freyssisol* adalah suatu konstruksi dinding penahan tanah yang dibangun dari lapisan-lapisan timbunan dengan menggunakan sistem perkuatan, kemudian dipadatkan, dan menggunakan panel beton.

Sistem tembok *freyssisol* dapat digunakan pada:

- Oprit jembatan
- *PCI Culvert*
- *Viaduct* konvensional
- Peninggian tanah
- Daerah berlereng
- Dinding penahan longsor

Struktur sistem tembok *freyssisol* adalah:

- Unit beton *precast*
- Bahan penyambung horisontal
- *Loops* terbuat dari galvanis yang dilapisi *polymer*
- *Dowels*
- Bahan pengisi sambungan vertikal
- Konstruksi sementara bila diperlukan

Keuntungan pemakaian tembok *freyssisol* adalah:

- Untuk mengurangi daya tekan sebagai akibat dari pembangunan struktur di atas tanah dengan kapasitas daya dukung rendah
- Pemakaian penguatan komposit yang dibuat dari bahan anti karat

- Pelaksanaan pembangunan cepat dan dapat disesuaikan dengan keadaan bentuk, seperti sudut siku atau lengkungan

Berikut adalah gambar – gambar dari penggunaan sistem tembok *freyssisol* sebagai perkuatan dinding timbunan:





Gambar 2.13 Sistem Tembok *Freyssisol*

2.11. *Geostudio*

Geostudio adalah sebuah program komputer untuk pemodelan dalam menganalisis masalah dalam bidang geoteknik dan geo-lingkungan. Program ini memiliki beberapa menu utama yaitu *SLOPE/W*, *SEEP/W*, *SIGMA/W*, *TEMP/W*, dan *CTRAN/W*.

Tiap-tiap menu utama memiliki analisis yang masing-masing terintegrasi antara satu dengan yang lainnya. Hal ini memungkinkan untuk menggunakan hasil dari satu *output* menu ke *output* menu yang lain. Tampilan menu utama dapat dilihat pada **Gambar 2.14**.



Gambar 2.14 Tampilan Menu *Geostudio*

Menu yang digunakan untuk analisis stabilitas lereng pada tugas akhir ini adalah *SLOPE/W*. *SLOPE/W* merupakan menu perangkat lunak untuk menghitung faktor keamanan tanah dan kemiringan tanah. Hasil yang didapatkan dari *SLOPE/W* yaitu nilai faktor keamanan timbunan, momen *resisting*, dan bidang kelongsoran akan digunakan sebagai dasar analisis stabilitas timbunan.

Metode yang digunakan dalam perhitungan pada program ini adalah metode Janbunm Bishop, dan Ordinary. Hasil perhitungan dari ketiga metode ini dibandingkan dan didapatkan hasil minimum pada tiap metodenya. Input yang dimasukkan ke dalam program ini untuk analisis stabilitas lereng timbunan adalah:

- Input geometri timbunan.
- Input lapisan tanah dasar di bawah timbunan.
- Input parameter tanah berupa berat jenis (γ), sudut geser (θ),

kohesi (c), dan parameter tanah lainnya Input geometri timbunan.

- Kemudian Input lainnya sesuai dengan kebutuhan pemodelan

Hasil dari analisis dengan program ini yaitu berupa nilai faktor keamanan timbunan, momen *resisting*, dan koordinat maupun bentuk bidang longsor itu dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng timbunan.

2.12. *PCI Girder*

Precast Concrete I girder merupakan bentuk yang paling banyak digunakan untuk pekerjaan balok jembatan. Profil *PCI girder* berbentuk penampang I dengan penampang bagian tengah lebih langsing dari bagian pinggirnya. *PCI girder* memiliki penampang yang kecil dibandingkan jenis *girder* lainnya, sehingga biasanya dari hasil analisa merupakan penampang yang ekonomis. *PCI girder* juga memiliki berat sendiri yang relative lebih ringan per unitnya. Gambar *PCI girder* dapat dilihat pada **Gambar 2.15**.

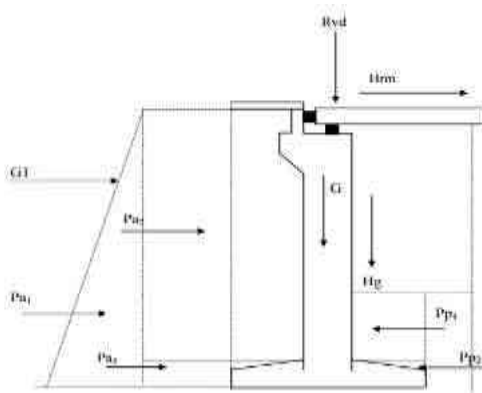


Gambar 2.15 *PCI Girder*

2.13. Perencanaan Abutment

Pada perencanaan abutment jembatan, akan diperhitungkan banyak gaya dan beban yang bekerja pada abutment tersebut.

Gaya-gaya tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2.16**.



Gambar 2.16 Gaya yang bekerja pada Abutment

Keterangan :

Pa_1, Pa_2, Pa_3 = Gaya aktif tanah pada belakang abutment

Pp_1, Pp_2 = Gaya pasif tanah pada depan abutment

G = Berat sendiri abutment

G_1 = Gaya gempa akibat bangunan atas

H_g = Gaya gesek akibat tumpuan bergerak

H_r = Gaya akibat rem

R_{vd} = Gaya tekan akibat beban dari atas

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perencanaan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

Kombinasi 1 = berat sendiri + beban lajur “D” + beban pejalan kaki + gaya rem

Kombinasi 2 = berat sendiri + beban lajur “D” + beban pejalan kaki + gaya rem + pengaruh temperatur + gaya gesek

Kombinasi 3 = berat sendiri + beban lajur “D” + beban pejalan Kaki + gaya rem + gaya gesek + beban angin

Kombinasi 4 = berat sendiri + beban lajur “D” + beban pejalan kaki + gaya rem + pengaruh temperature + gaya gesek + beban angin

Kombinasi 5 = berat sendiri + beban gempa

Kombinasi 6 = berat sendiri

Kombinasi 7 = berat sendiri + beban lajur “D” + beban pejalan Kaki + gaya rem + gaya gesek

2.13.1. Pondasi Langsung atau Sumuran

Apabila memakai pondasi langsung atau sumuran, maka dilakukan control stabilitas terhadap geser dan ambles (daya dukung).

Catatan :

- Bila dipakai pondasi sumuran, maka letak titik O dipindahkan ke dasar pondasi sumuran (bukan di dasar poer lagi). Jadi dihitung lagi Σ Momen terhadap titik O yang baru.
- Kontrol guling tidak ditinjau, karena pada umumnya kalau tidak ambles otomatis juga tidak guling (sebaliknya, bila tidak guling belum tentu tidak ambles). Jadi kontrol tidak ambles dapat mewakili kontrol guling.
- Kontrol geser bila $\Sigma H \leq \frac{\Sigma V \cdot \tan \delta}{SF}$

Dimana:

δ = Sudut geser dalam antara tanah dan dasar pondasi

SF = 1,5

- Kontrol terhadap ambles (daya dukung) :

$$\sigma_{max} \leq q \text{ ijin tanah (daya dukung ijin tanah) [2.43]}$$

- Daya dukung tanah :

$$q \text{ ijin tanah} = \frac{q \text{ ultimate}}{SF} \quad [2.44]$$

SF = 3 untuk kondisi pembebanan jangka panjang (beban tetap)

2.13.2. Pondasi Tiang Pancang Tunggal atau Tiang Pancang dalam Group

- Menghitung gaya-gaya yang bekerja pada titik O : ΣV_o , ΣH_o , ΣM_{x_o} , dan ΣM_{y_o}
- Menghitung beban yang bekerja pada 1 tiang :

$$P_{max} = \frac{\Sigma Vo}{n} + \frac{\Sigma Mxo.Y}{\Sigma Y^2} + \frac{\Sigma Myo.X}{\Sigma X^2} \quad [2.45]$$

- Menghitung daya dukung ijin 1 tiang pancang tunggal :

$$q \text{ ijin tanah} = \frac{q \text{ ultimate}}{SF} \quad [2.46]$$

SF = 3 untuk kondisi pembebanan jangka panjang (beban tetap)

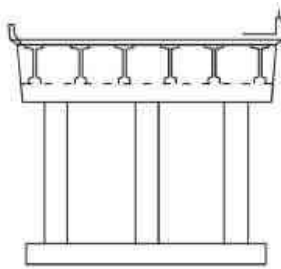
- Daya dukung ijin 1 tiang pancang dalam group = Efisiensi x Q ijin = Q ultimate 1 tiang tunggal.

Kontrol : $P_{max} \leq Q \text{ ijin 1 tiang pancang dalam group}$

2.14. Pilar

Pilar jembatan merupakan struktur yang memberikan dukungan vertikal untuk rentang di antara dua poin. Pilar jembatan memiliki dua fungsi utama yaitu; mentransfer beban bangunan atas vertikal ke pondasi dan menahan kekuatan horisontal yang bekerja pada jembatan. Meskipun pilar secara umum dirancang untuk menahan beban vertikal, lebih dari pada itu pilar juga didesain untuk menahan beban lateral tinggi disebabkan oleh peristiwa seismik. Bahkan untuk beberapa daerah seismik yang rendah, biasanya perencana juga memperhitungkan aspek daktilitas desain terhadap gempa. Pilar merupakan bagian dari jembatan yang dibangun menggunakan beton bertulang. Untuk kondisi tertentu biasanya material bajajuga digunakan untuk sebagai pilar. Material baja yang didesain berbentuk silinder yang kemudian diisi campuran beton disebut dengan struktur komposit digunakan juga sebagai pilar jembatan atau pun kolom dari suatu struktur bangunan (Chen, 2000). Pilar untuk jembatan *PCI girder* beton akan menerima gaya yang besar akibat bentang jembatan yang besar serta berat *PCI girder* itu sendiri. Penampang pilar dapat dibuat massif ataupun berongga.

Pilar atau pier biasanya digunakan sebagai istilah umum untuk semua jenis substruktur terletak antara rentang horizontal



Gambar 2.19 *Bents untuk Jembatan Precast PCI Girder*

2.15. Daya Dukung Tiang Pancang

Menurut Tomlison (1980), fungsi dan pondasi tiang pancang adalah sebagai berikut:

1. Meneruskan beban-beban konstruksi di atas tanah ke lapisan tanah yang mempunyai daya dukung yang besar.
2. Menahan gaya gesekan ke atas
3. Menahan gaya lateral.

Pondasi tiang pancang ini umumnya didukung oleh tanah dengan kombinasi antara gesekan (*friction*) tiang pancang dengan tanah dan daya dukung ujung tiang (*end bearing*). Penyebutan jenis tang pancang tergantung pada yang mana dari 2 jenis gaya pendukung yang dominan. Jika yang dominan adalah gaya pendukung akibat gesekan, maka tiang pancang tersebut dinamakan “tiang atas dasar gesekan (*friction pile*)”. Tapi jika daya dukung yang dominan adalah daya dukung ujung, tiang pancang dinamakan “tiang atas dasar daya dukung ujung” (*end-bearing pile*). Oleh karena itu, perumusan daya dukung pondasi tiang pancang didasarkan atas gesekan antara tiang dengan tanah dan daya dukung ujung tiang.

2.15.1. Perumusan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

Secara umum perumusan kapasitas daya dukung tiang pancang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{ult} = Q_s + Q_p \quad [2.47]$$

dimana:

Q_{ult} = Daya dukung *ultimate* pondasi tiang pancang

Q_s = Gesekan sepanjang keliling tiang pancang (*friction*).

Q_p = Daya dukung ujung tiang pancang (*end bearing capacity*)

Adapun metode yang dipakai untuk mendapatkan harga Q_{ult} dalam penuisan Tugas Akhir ini adalah berdasarkan data SPT (*Standard Penetration Test*) di lapangan.

2.15.2. Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang Pancang

Jika daya dukung *ultimate* kelompok tiang pancang kategori *end bearing piles*, maka daya dukung kelompok tiang pancang dapat dianggap sebagai daya dukung sebuah tiang dikalikan dengan jumlah tiang pancang. Tetap jika termasuk kategori *friction piles*, maka terdapat faktor reduksi pada daya dukung tiang pancang.

Faktor reduksi tersebut dapat ditentukan dengan rumus Converse-Labarre (Poulus dan Davis, 1980), yaitu:

$$C = 1 - \arctg \frac{D}{S} \times \left[\frac{(n-1) \times m + (m-1) \times n}{90 \times m \times n} \right] \quad [2.48]$$

di mana:

C = faktor reduksi

D = diameter tiang pancang

S = jarak antara pusat tiang pancang

m = jumlah baris dalam kelompok tiang pancang

n = jumlah tiang pancang dalam satu baris

2.15.3. Ketahanan Pondasi Tiang Pancang terhadap Gaya Lateral

Selain didesain mampu menahan gaya vertikal, pondasi tiang pancang juga harus didesain mampu menahan gaya lateral yang bekerja padanya. Pada konstruksi jembatan, gaya lateral yang bekerja pada pondasi tiang pancang dapat berupa gaya gesek pada tumpuan bergerak, gaya rem, gaya gempa, gaya akibat angin, dan gaya akibat tekanan tanah.

Perumusan yang dipakai dalam perhitungan gaya lateral yang mampu diterima oleh pondasi tiang pancang dalam tugas akhir ini diambil dari NAVFAC DM-7 (1971). Menurut

NAVFAC DM-7 tersebut, gaya lateral yang bekerja pada pondasi tiang pancang dibedakan atas 3 (tiga) kondisi, yaitu:

1. Tiang pancang yang poernya fleksibel atau tiang pancang yang terjepit ujungnya (**Gambar 2.19**). Kondisi ini disebut sebagai kondisi I.
2. Tiang pancang dengan poer kaku menempel di atas permukaan tanah (**Gambar 2.19**). Kondisi ini disebut sebagai kondisi II.
3. Tiang pancang dengan poer kaku terletak pada suatu ketinggian (**Gambar 2.19**). Kondisi ini disebut sebagai kondisi III.

Prosedur perhitungan untuk masing-masing kondisi adalah sebagai berikut:

• **Kondisi I:**

1. Menghitung faktor kekakuan relative (*relative stiffness factor*).

$$T = \left(\frac{E x I}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \quad [2.49]$$

di mana:

E = modulus elastisitas tiang (cerucuk), kg/cm²

I = momen inersia tiang (cerucuk), cm⁴

f = koefisien dari variasi modulus tanah, kg/cm³

T = dalam cm

2. Menghitung defleksi, momen dan gaya geser pada kedalaman yang ditinjau dari rumus yang terdapat pada **Gambar 2.20**.

• **Kondisi II:**

1. Sama dengan langkah 1 kondisi I.
2. Menentukan koefisien defleksi (F_o) dan koefisien (F_M) berdasarkan Gambar 2.22.
3. Menghitung defleksi dan besarnya momen berdasarkan rumus yang terdapat pada **Gambar 2.21**.
4. Gaya geser maksimum dianggap terjadi pada ujung atas tiang pancang, yang besarnya untuk 1 tiang pancang adalah:

$$P = \frac{PT}{n} \quad [2.42]$$

di mana:

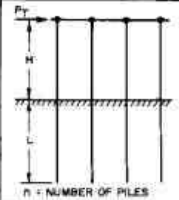

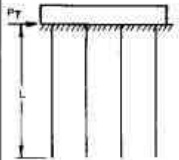

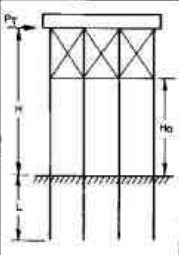

P = besar gaya geser 1 tiang pancang

PT = besar gaya geser total yang bekerja

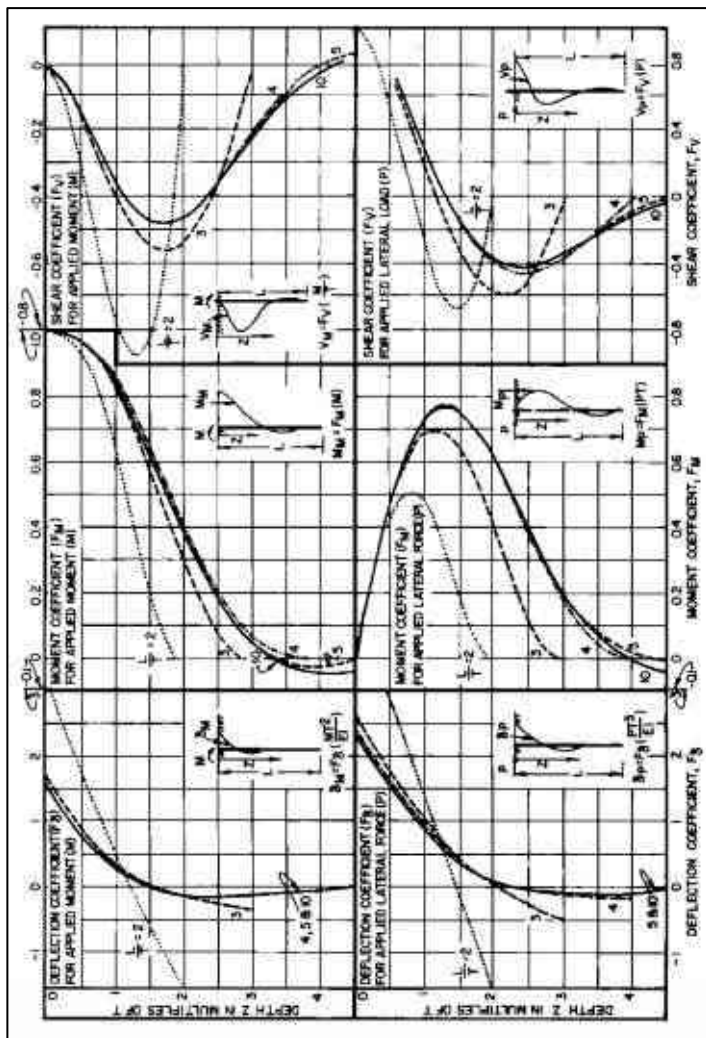
n = jumlah tiang pancang

• **Kondisi III:**

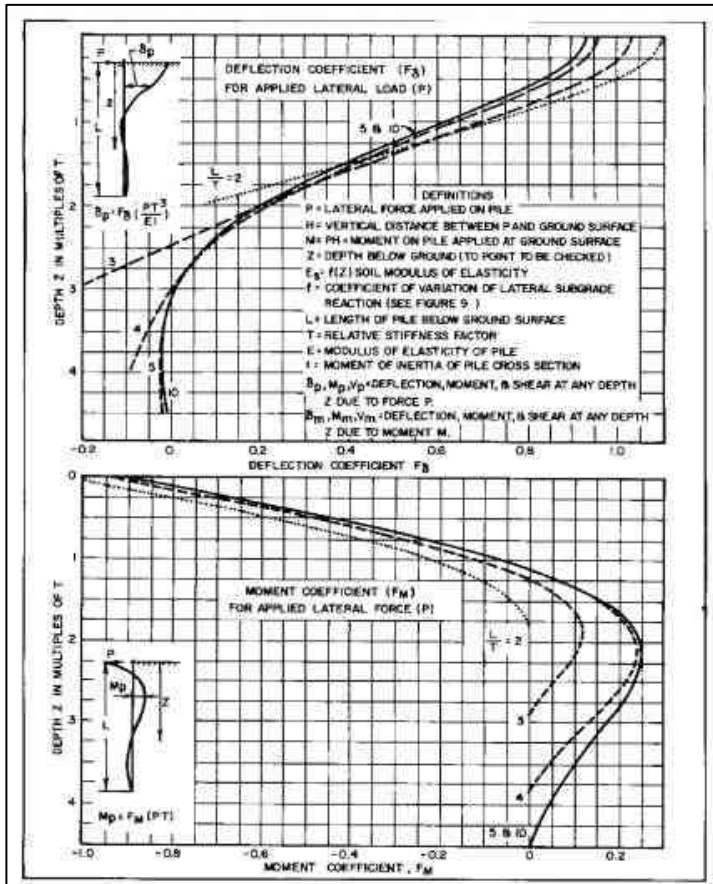
1. Menganggap pada titik A terjadi jepitan dan momen M_1 seperti pada **Gambar 2.21**.
2. Menghitung sudut θ_2 di atas tanah.
3. Menghidung sudut θ_1 dari koefisien sudut (F_θ) dari rumus yang terdapat pada **Gambar 2.22**.
4. Dengan persamaan $\theta_1 = \theta_2$, diperoleh nilai momen.
5. Setelah mendapatkan nilai M dan P_1 , menghitung besarnyadefleksi, gaya geser dan momen seperti pada Kondisi I.

CASE I. FLEXIBLE CAP, ELEVATED POSITION		
CONDITION	LOAD AT GROUND LINE	DESIGN PROCEDURE
 <p>P_T</p> <p>H</p> <p>L</p> <p>$n = \text{NUMBER OF PILES}$</p>	<p>FOR EACH PILE:</p> $P = \frac{P_T}{n}$ $M = PH$  <p>DEFLECTED POSITION</p>	<p>FOR DEFINITION OF PARAMETERS SEE FIGURE 12:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. COMPUTE RELATIVE STIFFNESS FACTOR: $T = (EI/L)^{1/3}$ 2. SELECT CURVE FOR PROPER $\frac{L}{T}$ IN FIGURE 11. 3. OBTAIN COEFFICIENTS F_θ, F_M, F_V AT DEPTHS DESIRED. 4. COMPUTE DEFLECTION, MOMENT AND SHEAR AT DESIRED DEPTHS USING FORMULAS OF FIGURE 11. <p>NOTE: "F" VALUES FROM FIGURE 9 AND CONVERT TO LB/IN³.</p>
CASE II. PILES WITH RIGID CAP AT GROUND SURFACE		
 <p>P_T</p> <p>L</p>	 <p>P</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. PROCEED AS IN STEP 1, CASE I. 2. COMPUTE DEFLECTION AND MOMENT AT DESIRED DEPTHS USING COEFFICIENTS F_θ, F_M AND FORMULAS OF FIGURE 12. 3. MAXIMUM SHEAR OCCURS AT TOP OF PILE AND EQUALS $P = \frac{P_T}{n}$ IN EACH PILE.
CASE III. RIGID CAP, ELEVATED POSITION		
 <p>P_T</p> <p>H</p> <p>L</p>	<p>DEFLECTED POSITION</p>  <p>M</p> <p>P</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ASSUME A HINGE AT POINT A WITH A BALANCING MOMENT M APPLIED AT POINT A. 2. COMPUTE SLOPE θ_2 ABOVE GROUND AS A FUNCTION OF M FROM CHARACTERISTICS OF SUPERSTRUCTURE. 3. COMPUTE SLOPE θ_1 FROM SLOPE COEFFICIENTS OF FIGURE 13 AS FOLLOWS: $\theta_1 = F_\theta \left(\frac{P+2}{EI} \right) + F_\theta \left(\frac{MT}{EI} \right)$ 4. EQUATE $\theta_1 = \theta_2$ AND SOLVE FOR VALUE OF M. 5. KNOWING VALUES OF P AND M, SOLVE FOR DEFLECTION, SHEAR, AND MOMENT AS IN CASE I. <p>NOTE: IF GROUND SURFACE AT PILE LOCATION IS INCLINED, LOAD P TAKEN BY EACH PILE IS PROPORTIONAL TO $1/r_0^3$.</p>

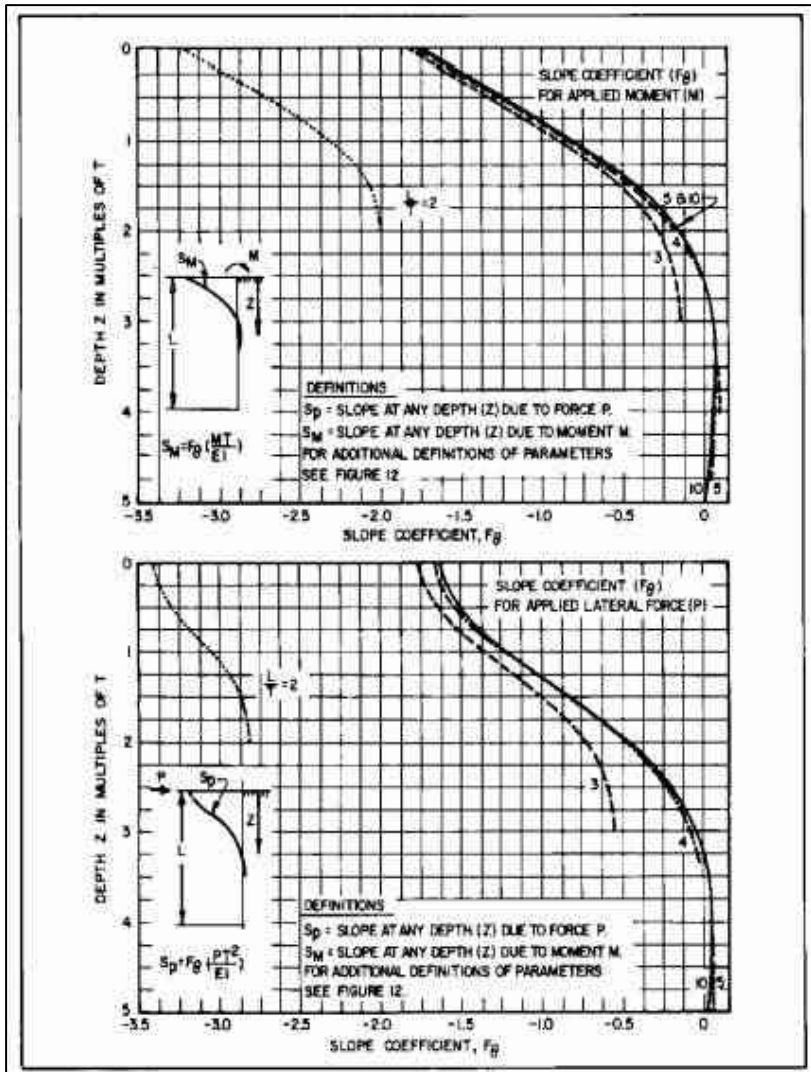
Gambar 2.20 Prosedur Desain untuk masing-masing Kondisi
(Sumber : *Design Manual, NAVFAC DM-7, 1971*)



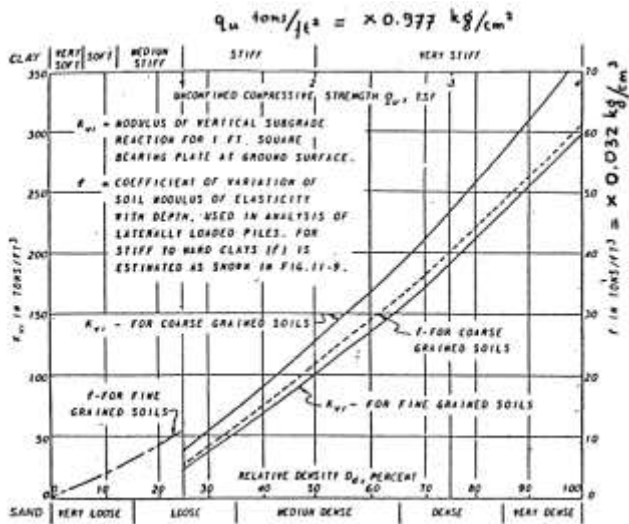
Gambar 2.21 Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang menerima Beban Lateral pada Kondisi I
(Sumber: NAVFAC DM-7, 1971)



Gambar 2.22 Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi II
(Sumber: NAVFAC DM-7, 1971)



Gambar 2.23 Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi III
 (Sumber: NAVFAC DM-7, 1971)



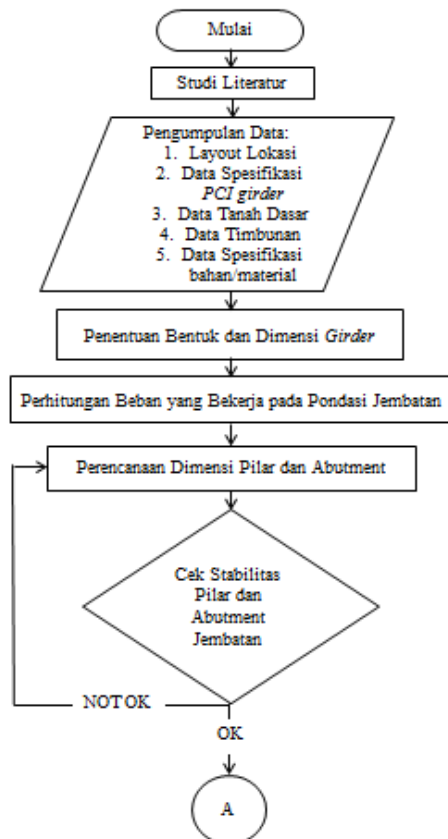
Gambar 2.24 Kurva untuk menentukan Harga f dari berbagai Jenis Tanah (NAVFAC DM-7, 1)

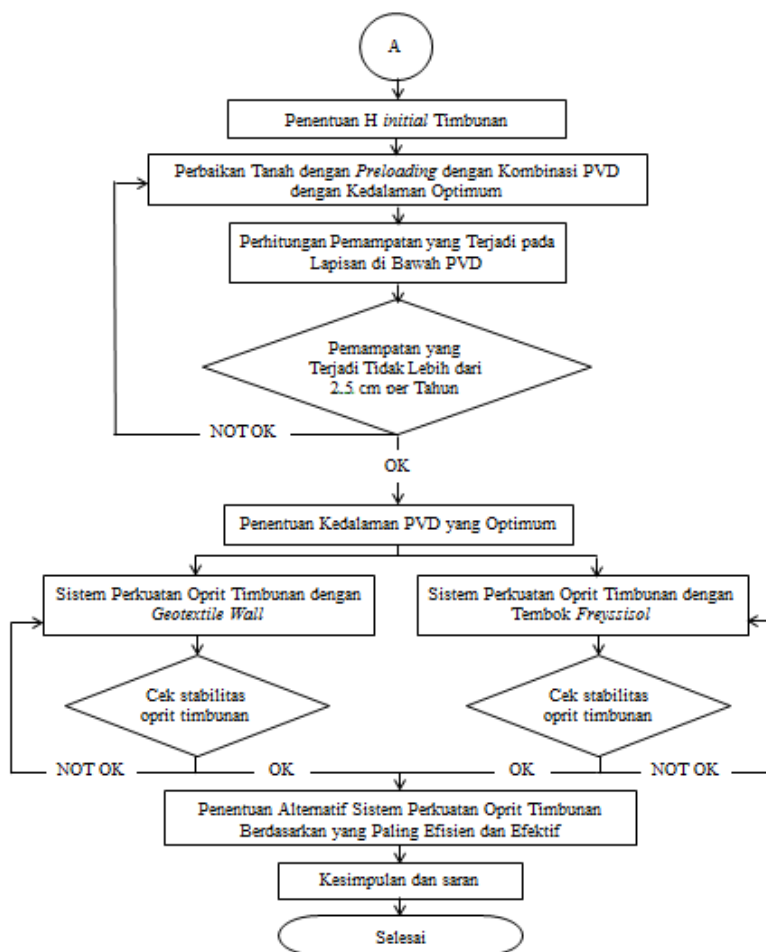
BAB III

METODOLOGI

3.1. Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Gambar 3.1. berikut ini merupakan diagram tahapan perencanaan dalam penulisan Tugas Akhir perencanaan oprit jembatan *overpass* Mungkung pada jalan tol Solo – Ngawi – Kertosono.





Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir

3.1.1. Studi Literatur

Studi literatur yang dimaksudkan adalah mengumpulkan bahan – bahan yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan. Bahan studi yang akan digunakan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:

- Das, Braja M. 1985. **Mekanika Tanah 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)**. Jakarta. Erlangga
- Das, Braja M. 1985. **Mekanika Tanah 2 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)**. Jakarta. Erlangga
- Endah, Noor. 2009. **Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah**. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS
- Dan literatur – literatur yang membahas:
 - *PCI girder*, perencanaan pilar, dan perencanaan abutment jembatan
 - Perhitungan perencanaan tinggi timbunan oprit
 - Perhitungan perencanaan *preloading* dengan kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dengan kedalaman optimum sebagai metode perbaikan tanah
 - Perhitungan perencanaan *geotextile wall* sebagai perkuatan oprit jembatan
 - Perhitungan perencanaan *freyssisol* sebagai perkuatan dinding tegak oprit jembatan
 - Referensi tentang perngoperasian perangkat lunak *geostudio*
 - Ringkasan yang menunjang beserta rumus-rumus yang mendukung

3.1.2. Pengumpulan dan Analisa Data

Data – data yang digunakan dalam alternatif perencanaan oprit jembatan ini adalah data yang diperoleh dari instansi terkait. Data tersebut meliputi:

- *Layout* perencanaan oprit dan jembatan *overpass* Mungkung pada jalan tol Solo – Ngawi – Kertosono STA 150+331
- *Layout* penyelidikan tanah di lokasi oprit jembatan *overpass* Mungkung pada jalan tol Solo – Ngawi – Kertosono STA 150+331
- Data tanah berupa nilai N-SPT di lokasi pilar jembatan yaitu dari data bor di titik BH-2 dan oprit jembatan *overpass* Mungkung yaitu dari data bor di titik BH-1.
- Nilai *properties* tanah yaitu dari data *properties* tanah di titik BH-1 dan BH-2.

3.1.3. Analisis Perencanaan Pondasi dan Oprit Jembatan

Perencanaan oprit jembatan dengan alternatif sebagai berikut:

- Penentuan bentuk dan dimensi dari *girder* untuk struktur atas jembatan
- Penentuan beban yang bekerja untuk pilar dan abutment jembatan
- Kontrol stabilitas dari pilar dan abutment yang direncanakan
- Penentuan H akhir dan H initial oprit jembatan
 - Perencanaan perbaikan tanah dengan *preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dengan kedalaman optimum untuk mempercepat waktu pemampatan
- Kontrol kekuatan oprit jembatan dengan software *geostudio*
- Perencanaan oprit jembatan dengan alternatif sebagai berikut:
 - Perencanaan perkuatan oprit jembatan dengan *geotextile wall*
 - Menentukan tipe *geotextile*
 - Merencanakan jumlah lembar *geotextile* yang dibutuhkan
 - Menghitung jarak vertikal tiap *geotextile*
 - Menghitung panjang *geotextile* yang dibutuhkan
 - Perencanaan perkuatan oprit jembatan dengan *freyssisol*
 - Menentukan kekuatan material *freyssisol*
 - Menghitung jumlah *freyssisol* yang dibutuhkan
 - Kontrol ambles *freyssisol* sebagai perkuatan dinding oprit jembatan
 - Kontrol geser *freyssisol* sebagai perkuatan dinding oprit jembatan
 - Kontrol *overall stability freyssisol* sebagai perkuatan dinding oprit jembatan

Dari alternatif perencanaan di atas akan dilakukan pemilihan alternatif yang tepat dengan mempertimbangkan:

- Kemudahan pelaksanaan di lapangan
- Faktor keamanan
- Biaya bahan/material yang digunakan dalam perencanaan

BAB IV

ANALISA DATA PERENCANAAN

Perencanaan konstruksi pilar, abutment, dan oprit pada Tugas Akhir ini dilakukan berdasarkan data sebagai berikut:

1. Data tanah hasil penyelidikan tanah yaitu data tanah titik BH-1 untuk perencanaan oprit timbunan dan abutment serta BH-2 untuk perencanaan konstruksi pilar.
2. *Layout* rencana awal jembatan (potongan memanjang dan tampak atas).
3. Data spesifikasi *PCI girder* yang digunakan untuk jembatan
4. Data spesifikasi tiang pancang
5. Data spesifikasi jenis *vertical drain* dan *horizontal drain* untuk perbaikan tanah dasar serta *geotextile* dan *freysisol* untuk perkuatan oprit timbunan.

4.1. Data Tanah

Data tanah yang dipergunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data hasil pekerjaan penyelidikan tanah oleh Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS untuk proyek Jalan Tol Solo-Kertosono Fase 1. Data tanah dasar pada kedua sisi oprit timbunan yaitu sisi utara dan sisi selatan dan abutment pada kedua sisi yaitu sisi utara dan sisi selatan ditampilkan dalam bentuk *Borlog* 1 (BH-1) dan untuk perencanaan pilar bagian tengah jembatan dan pilar bagian pinggir jembatan ditampilkan dalam bentuk *Borlog* 2 (BH-2) dilampirkan pada **Lampiran 1**.

A. Data Tanah BH-1

Data tanah dasar yang diketahui dari hasil laboratorium untuk *borlog* 1 (BH-1) adalah nilai G_s , e , S_r , W_c , n , γ_t , γ_d , γ_{sat} , LL , PL , IP , dan C_u . Hasil rekap data tanah dasar dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Hasil Rekap Data Tanah Dasar BH-1

Kedalaman (m)	N _{spt}	Y ^{sat} (kN/m ³)	e _o	G _s	LL (%)	IP (%)	Cu (kPa)	W _c (%)
0-4,5	2,25	16,201	1,527	2,567	62,37	31,73	33,89	59,49
4,5-7,5	9,07	16,632	1,435	2,615	63,47	33,94	46,24	54,88
7,5-10,5	8,38	16,894	1,418	2,667	66,85	38,06	37,25	53,17
10,5-15,5	9,23	17,275	1,263	2,645	57,03	26,73	66,87	47,72

Nilai indeks kompresi (Cc) dan Indeks Mengembang (Cs) ditentukan menggunakan rumus Kosasih dan Mochtar (1986) (**Perumusan 2.5** dan **2.6**). Berikut adalah contoh perhitungan Cc dan Cs untuk kedalaman 0-4,5 m:

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,006 LL + 0,13 e_o^2 - 0,13 \\
 &= (0,006 \times 62,37) + (0,13 \times 1,527^2) - 0,13 \\
 &= 0,547
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= 0,002 LL + 0,02 e_o^2 - 0,05 \\
 &= (0,002 \times 62,37) + (0,02 \times 1,527^2) - 0,05 \\
 &= 0,121
 \end{aligned}$$

Nilai Koefisien Konsolidasi (Cv) ditentukan menggunakan grafik korelasi antara nilai LL dengan nilai Cv

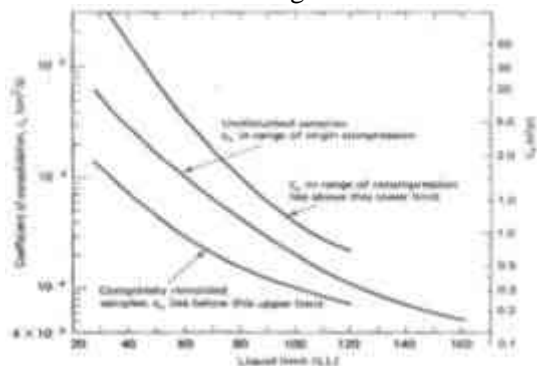


Fig. 9.10. Approximate correlations of the coefficient of consolidation C_v with the liquid limit (after U.S. Navy, 1971).

Gambar 4.1 Grafik Korelasi antara LL(%) dengan Cv (cm²/s)

Rekap hasil perhitungan nilai indeks kompresi (C_c), indeks mengembang (C_s), koefisien konsolidasi (C_v) untuk BH-1 dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Nilai C_c , C_s , dan C_v pada BH-1

Kedalaman (m)	Liquid Limit (LL)	C_c	C_s	C_v (cm ² /s)
0-4,5	62,37	0,547	0,121	0,0009
4,5-7,5	63,47	0,519	0,118	0,0008
7,5-10,5	66,85	0,532	0,124	0,0007
10,5-15,5	57,03	0,419	0,096	0,0015

B. Data Tanah BH-2

Data tanah dasar yang diketahui dari hasil laboratorium untuk *borlog* 2 (BH-2) adalah nilai G_s , e , S_r , W_c , n , γ_t , γ_d , γ_{sat} , LL , PL , IP , dan C_u . Hasil rekap data tanah dasar dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Hasil Rekap Data Tanah Dasar BH-2

Kedalaman (m)	N _{spt}	γ_{sat} (kN/m ³)	e_o	G_s	LL (%)	IP (%)	C_u (kPa)	W_c (%)
0-4,5	2	16,291	1,629	2,654	63,47	33,32	23,46	61,38
4,5-7,5	7	16,331	1,524	2,598	65,16	35,81	34,48	58,66
7,5-10,5	10	16,619	1,437	2,613	48,75	16,29	55,37	54,99

Nilai indeks kompresi (C_c) dan Indeks Mengembang (C_s) ditentukan menggunakan rumus Kosasi dan Mochtar (1986) (**Perumusan 2.5** dan **2.6**). Berikut adalah contoh perhitungan C_c dan C_s untuk kedalaman 0-4,5 m:

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,006 LL + 0,13 e_o^2 - 0,13 \\
 &= (0,006 \times 63,47) + (0,13 \times 1,629^2) - 0,13 \\
 &= 0,596
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= 0,002 LL + 0,02 e_o^2 - 0,05 \\
 &= (0,002 \times 63,47) + (0,02 \times 1,629^2) - 0,05 \\
 &= 0,130
 \end{aligned}$$

Nilai Koefisien Konsolidasi (C_v) ditentukan menggunakan grafik korelasi antara nilai LL dengan nilai C_v . Rekap hasil perhitungan C_c , C_s , dan C_v untuk BH-2 dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Nilai C_c , C_s , dan C_v pada BH-2

Kedalaman (m)	Liquid Limit (LL)	C_c	C_s	C_v (cm ² /s)
0-4,5	63,47	0,596	0,13	0,0009
4,5-7,5	65,16	0,563	0,127	0,0008
7,5-10,5	48,75	0,431	0,089	0,0020

4.2 Data Material Perbaikan dan Perkuatan Tanah

Material yang digunakan untuk perbaikan tanah dasar dalam Tugas Akhir ini adalah *Vertical Drain* dan *Horizontal Drain*. Material yang digunakan sebagai perkuatan tanah timbunan dalam Tugas Akhir ini adalah *Geotextile* dan *Freyssisol*.

A. *Vertical Drain*

Vertical Drain yang digunakan adalah *Prefabricated Vertical Drain* merk CeTeau-Drain CT-D812. Brosur yang digunakan adalah dari PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL ditampilkan pada **Lampiran 1**.

B. *Horizontal Drain*

Horizontal Drain yang digunakan adalah *Prefabricated Horizontal Drain* merk CeTeau-Drain CT-SD100-20. Brosur yang digunakan adalah dari PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL ditampilkan pada **Lampiran 1**.

C. *Geotextile*

Geotextile pada timbunan oprit tegak direncanakan menggunakan UnggulTex UW-250. Brosur yang digunakan adalah dari PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL ditampilkan pada **Lampiran 1**.

D. Dinding Panel Beton Segmental

Dinding panel yang digunakan sebagai *facing* timbunan adalah produk dari Wallplus Panel Ringan. Berikut adalah data dari dinding panel:

- Panjang : 2440 mm
- Lebar : 610 mm
- Tebal : 75 mm
- Berat : 53 kg/m²

E. *Freyssisol*

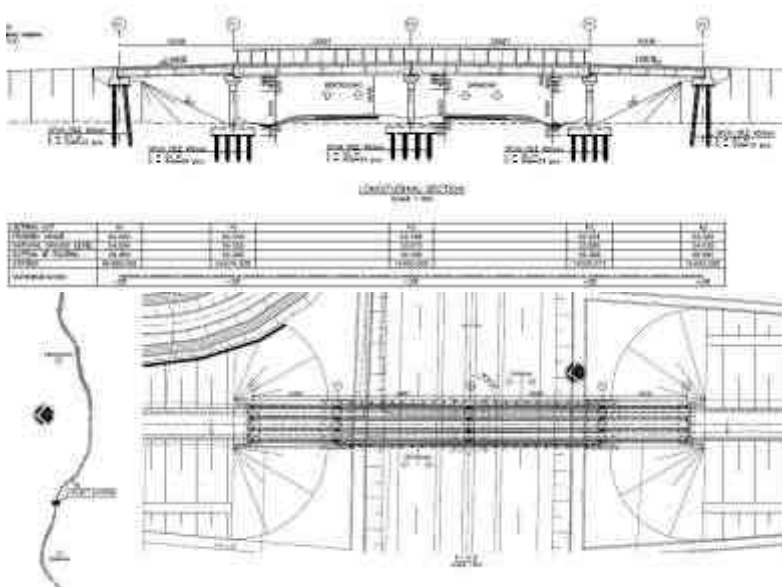
Freyssisol pada timbunan oprit tegak direncanakan menggunakan dari produk BBA (British Board of Agrément). Brosur ditampilkan pada **Lampiran 1**.

4.3 Data Struktur Jembatan

A. Data – Data Perencanaan

- Nama Jembatan : Jembatan *Overpass* Mungkung
- Lokasi Jembatan : Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono
STA150+331
- Jenis Jembatan : Jembatan Jalan Raya (*Highway Bridge*)
- Konstruksi Jembatan : Jembatan Beton Prategang (*Prestressed Concrete Bridge*)
- Bentang jembatan : 86,00 m (3 Pilar)
- Lebar jembatan : 9,00 m (2 Lajur)
- Lebar Bahu Jalan : 1 m
- Tinggi oprit timbunan : 8 m
- $\emptyset_{\text{timbunan}}$: 30⁰
- γ_{timbunan} : 1,80 t/m³

Data panjang bentang jembatan, lebar jembatan, dan tinggi oprit timbunan menggunakan data rencana awal jembatan *Overpass* Mungkung.

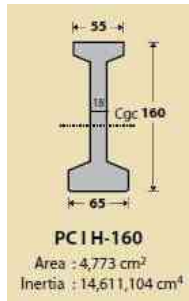


Gambar 4.2 Layout Rencana Awal Jembatan *Overpass* Mungkung

B. Spesifikasi *PCI Girder*

Dalam Tugas Akhir ini, direncanakan gelagar memanjang menggunakan *PCI Girder*. *Girder* yang direncanakan menggunakan brosur yang berisikan data spesifikasi dari WIKA BETON. Brosur dilampirkan pada **Lampiran 1**.

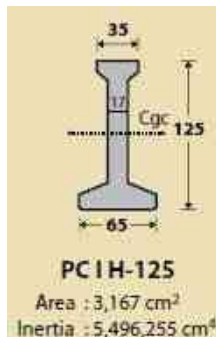
PCI Girder yang direncanakan ada 2 tipe yaitu untuk bentang tengah jembatan sepanjang 26 m dan untuk bentang pinggir jembatan sepanjang 17 m. Potongan melintang *PCI Girder* untuk bentang tengah ditampilkan pada **Gambar 4.3**. Potongan melintang *PCI Girder* untuk bentang pinggir ditampilkan pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.3 Potongan Melintang *PCI H-160* cm

Data spesifikasi perencanaan *PCI Girder* untuk bentang tengah jembatan:

- Tipe *PCI Girder* : *PCI H-160* cm
- Luas penampang : 4.773 cm^2
- Momen inersia : $14.611.104 \text{ cm}^4$
- *Beam spacing* : 185 cm
- f_c' : 40 MPa
- *Beam support reaction* :
 - V_{DL} : 370 kN
 - V_{LL} : 312 kN
 - V_{ult} : 1040 kN



Gambar 4.4 Potongan Melintang *PCI H-125* cm

Data spesifikasi perencanaan *PCI Girder* untuk bentang pinggir jembatan:

- Tipe *PCI Girder* : *PCI H-125 cm*
- Luas penampang : 3.167 cm^2
- Momen inersia : $5.496.255 \text{ cm}^4$
- *Beam spacing* : 185 cm
- f_c' : 40 MPa
- *Beam support reaction* :
 - V_{DL} : 211 kN
 - V_{LL} : 237 kN
 - V_{ult} : 702 kN

C. Balok Melintang (Diafragma)

Dalam perencanaan jembatan *overpass* Mungkung ini digunakan diafragma dari beton pracetak (*precast*) K 400 ukuran 200 x 1600 mm. Jarak antar diafragma $L = 4.500 \text{ mm}$

D. Data Tiang Pancang

Dalam perencanaan jembatan *overpass* Mungkung ini digunakan tiang pancang (*spun piles*) produksi WIKA BETON (**Lampiran 1**). Diameter tiang pancang (*spun piles*) yang dihitung yaitu diameter 40 cm, 50 cm, dan 60 cm.

BAB V

PERENCANAAN PILAR DAN ABUTMENT JEMBATAN

5.1 Perencanaan Pilar Jembatan

Pada jembatan *overpass* Mungkung yang memiliki panjang bentang total 86 m dibutuhkan 3 pilar. Satu Pilar jembatan terletak di bagian tengah jembatan dan dua lainnya berada di antara pilar tengah jembatan dan abutment pada tiap sisi jembatan yaitu utara dan selatan. Dalam Tugas Akhir ini, akan dilakukan perhitungan sebanyak dua desain pilar yaitu pilar 1 (bagian tengah bentang jembatan) dan pilar 2 (bagian samping jembatan).

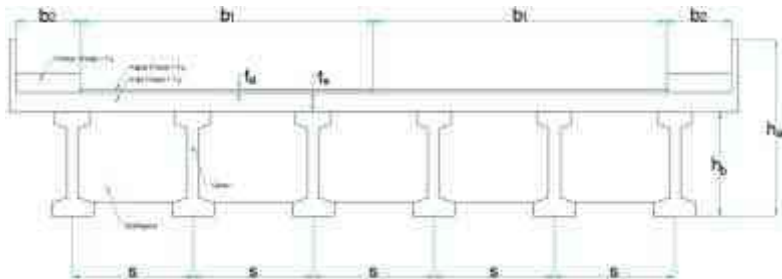
Data tanah yang digunakan dalam perhitungan perencanaan pilar adalah *borlog* BH-2. Data tanah dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

5.1.1 Pilar 1

A. Data Perencanaan

Dalam perhitungan struktur pilar jembatan dibutuhkan data-data perencanaan yaitu dari struktur atas dan struktur bawah. Perencanaan struktur atas jembatan dan struktur bawah jembatan ditampilkan pada **Gambar 5.1** dan **Gambar 5.2**. Berikut adalah data perencanaan untuk perhitungan struktur pilar jembatan :

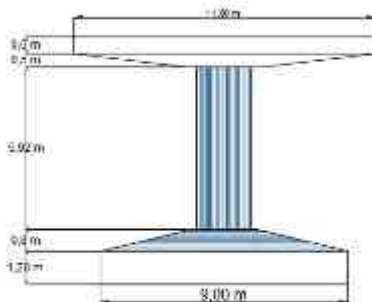
a. Struktur Atas :



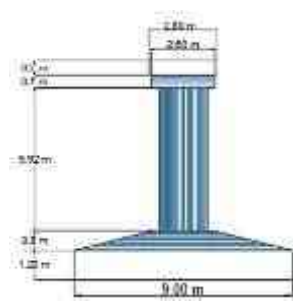
Gambar 5.1 Struktur Atas Jembatan

- Lebar jalan jalur lalu lintas (b_1) = 4,5 m
- Lebar trotoar pejalan kaki (b_2) = 1 m
- Lebar total jembatan (b) = 11 m
- Tebal *slab* lantai jembatan (t_s) = 0,2 m
- Tebal lapisan aspal (t_a) = 0,1 m
- Tebal trotoar (t_t) = 0,3 m
- Tinggi girder prategang (h_b) = 1,6 m
- Tinggi bidang samping jembatan (h_a) = 2,5 m
- Jarak antar balok prategang (s) = 1,85 m
- Panjang bentang jembatan (L) = 86 m
- Berat beton bertulang (W_c) = 25 kN/m³
- Berat beton prategang (W_c') = 25,5 kN/m³
- Berat aspal (W_a) = 22 kN/m³

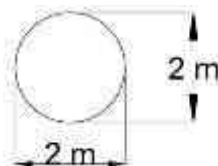
b. Struktur Bawah :



Tampak melintang



Tampak memanjang



Tampak atas kolom pilar (*pier column*)

Gambar 5.2 Struktur Bawah Jembatan

Headstock:

- Tebal atas (h_1) = 0,6 m
- Tebal bawah (h_2) = 0,5 m
- Panjang = 11 m
- Lebar = 2,8 m

Kolom Pilar (Pier Column)

- Diameter kolom (D) = 2 m
- Tinggi kolom (L_c) = 5,9 m

Pile-cap

- Tebal (h_t) = 2 m
- Panjang (B_x) = 9 m
- Lebar (B_y) = 9 m

Tanah Dasar Pile-cap

- Berat volume (γ_t) = 16,291 kN/m³
- Sudut geser (ϕ) = 0°
- Kohesi (c) = 15,64 kPa

B. Pembebanan

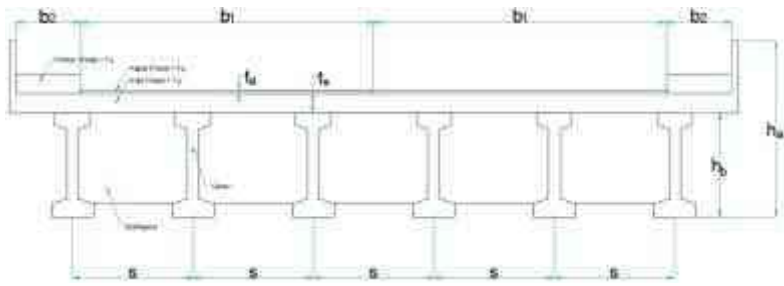
Perhitungan pembebanan berdasarkan pada RSNI T-02-2005 (Standar Pembebanan untuk Jembatan). Berikut ini adalah hasil perhitungan pembebanan untuk pilar jembatan.

1. Berat Sendiri

Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural ditambah dengan elemen non-struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap. Berat sendiri dibedakan menjadi 2 macam, yaitu berat sendiri struktur atas dan struktur bawah.

1.1 Berat Sendiri Struktur Atas

Sketsa pembebanan struktur atas jembatan dapat dilihat pada **Gambar 5.3**.



Gambar 5.3 Berat Sendiri Struktur Atas Jembatan

Beban akibat berat sendiri sruktur atas terdiri dari *slab*, balok prategang (*PCI H-160* cm), dan balok melintang (diafragma). Hasil perhitungan pembebanan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

- Berat balok prategang (*PCI H-160* cm):
- Panjang balok prategang, $L = 26 \text{ m}$
 - Luas penampang, $A = 0,4773 \text{ m}^2$
 - $W_{\text{balok}} = A \times L \times W_c$
 $= 0,4773 \text{ m}^2 \times 26 \text{ m} \times 25,5 \text{ kN/m}^3$
 $= 316,45 \text{ kN}$
 - $Q_{\text{balok}} = W_{\text{balok}} / L$
 $= 316,45 \text{ kN} / 26 \text{ m}$
 $= 12,17 \text{ kN/m}$

Tabel 5.1 Perhitungan Pembebanan Berat Sendiri Struktur Atas

Beban	Parameter Volume				Berat	Satuan	Berat (kN)
	b (m)	t (m)	L (m)	n			
Slab	9	0,2	26	1	25,00	kN/m ³	1170
Perkerasan Aspal	9	0,1	26	1	22,00	kN/m ³	514,8
Balok Prategang <i>PCI H-160</i> cm	-	-	26	6	12,17	kN/m	1898,7
Balok	-	-	26	5	2,846	kN	369,98

Melintang (Diafragma)							
Total berat sendiri struktur atas, P_{ms} =							3953,48

Letak titik berat struktur atas terhadap pondasi:

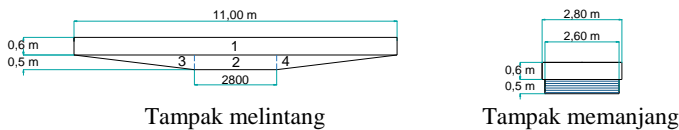
$$\begin{aligned}
 z_a &= h_t + L_c + h_1 + h_2 + h_a/2 \\
 &= 10,27 \text{ m}
 \end{aligned}$$

1.2 Berat Sendiri Struktur Bawah

Beban akibat berat sendiri struktur bawah adalah berat sendiri dari pilar. Pada struktur pilar sendiri dibagi 3 bagian, yaitu *headstock*, *pier column*, dan *pilecap*.

a. Berat *Headstock*

Pembebanan dan perhitungan dari *headstock* ditampilkan pada **Gambar 5.4** dan **Tabel 5.2**.



Gambar 5.4 Pembebanan *Headstock*

Tabel 5.2 Perhitungan Berat *Headstock*

No	A (m ²)	h (m)	V (m ³)	W _c (kN/m ³)	Berat (kN)	y (m)	M (kNm)
1	30,8	0,6	18,48	25	462	0,8	369,6
2	7,28	0,5	3,64	25	91	0,25	22,75
3	1,03	2,6	2,67	25	66,63	0,33	22,21
4	1,03	2,6	2,67	25	66,63	0,33	22,21
				W_h	686,25	M_h	436,77

Letak titik berat terhadap alas:

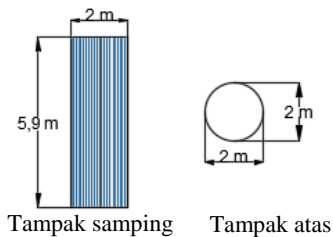
$$\begin{aligned}
 y_h &= M_h / W_h \\
 &= 436,77 \text{ kN.m} / 686,25 \text{ m} \\
 &= 0,636 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Letak titik berat terhadap dasar fondasi:

$$\begin{aligned} z_h &= y_h + L_c + h_t \\ &= 0,636 \text{ m} + 5,9 \text{ m} + 2 \text{ m} \\ &= 8,556 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Berat *Pier Column*

Perencanaan struktur *pier column* ditampilkan pada **Gambar 5.5**.

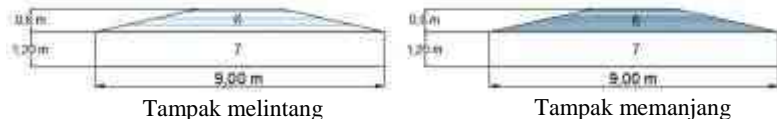


Gambar 5.5 Perencanaan Struktur *Pier Column*

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang kolom pilar } (A_c) &: 1/4 \times \pi \times (2 \text{ m})^2 \\ &: 3,142 \text{ m}^2 \\ \text{Berat kolom pilar } (W_c) &: 3,142 \text{ m}^2 \times 5,9 \text{ m} \times \\ & \quad 25 \text{ kN/m}^3 \\ &: 464,956 \text{ kN} \\ \text{Letak titik berat terhadap alas } (y_c) &: 5,9 \text{ m} / 2 = 2,96 \text{ m} \\ \text{Letak titik berat terhadap dasar fondasi } (z_c) &: 2,96 \text{ m} + 2 \text{ m} = 4,96 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Berat *Pilecap*

Pembebanan dan perhitungan dari *pilecap* ditampilkan pada **Gambar 5.6** dan **Tabel 5.3**.



Gambar 5.6 Pembebanan *Pilecap*

Tabel 5.3 Perhitungan Berat *Pilecap*

No	A (m ²)	h (m)	V (m ³)	Wc (kN/m ³)	Berat (kN)	y (m)	M (kNm)
6	81	0,8	21,6	25	540	1,47	792
7	81	1,2	97,2	25	2430	0,6	1458
				W_{pc}	2970	M_{pc}	2250

Letak titik berat terhadap alas:

$$\begin{aligned}
 y_{pc} &= M_{pc} / W_{pc} \\
 &= 2250 \text{ kN.m} / 2970 \text{ kN} \\
 &= 0,76 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Letak titik berat terhadap dasar fondasi:

$$\begin{aligned}
 z_{pc} &= y_{pc} \\
 &= 0,76 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Rekap berat sendiri struktur bawah ditampilkan pada **Tabel 5.4**.

Tabel 5.4 Perhitungan Berat Sendiri Struktur Bawah

No	Jenis Konstruksi	Berat (kN)
1	<i>Headstock</i> (W _h)	686,25
2	<i>Pier Column</i> (W _c)	464,96
3	<i>Pilecap</i> (W _p)	2970
Total berat sendiri struktur bawah P _{MS}		4121,21

2. Beban Lajur “D”

Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT). Beban Terbagi Rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut:

$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa}$$

$$L > 30 \text{ m} : q = 9.0 \times (0.5 + 15/L) \text{ kPa}$$

$$L = 26 \text{ m, maka } q = 9,0 \text{ kPa}$$

Untuk perhitungan Beban Terbagi Rata (BTR) digunakan nilai $q = 9,0$ kPa. Besarnya beban akibat Beban Terbagi Rata (BTR) pada pilar sebagai berikut:

$$P_{BTR} = [5,5m \times q] + [2 \times \frac{1}{2}(b - 5,5) m \times \frac{1}{2} \times q] \times L$$

$$P_{BTR} = 0,5 \times q \times (5,5 m + b) \times L$$

$$P_{BTR} = 0,5 \times 9 \text{ kPa} \times (5,5 m + 9 m) \times 26 m$$

$$P_{BTR} = 1696,5 \text{ kN}$$

Untuk perhitungan Beban Garis Terpusat (BGT) digunakan intensitas p kN/m. Besarnya intensitas p adalah 49 kN/m. Beban Garis Terpusat (BGT) ini harus dikalikan dengan faktor *Dynamic Load Allowance* (DLA). Nilai DLA yang digunakan dalam perhitungan adalah 0,4. Besarnya beban akibat Beban Garis Terpusat (BGT) pada pilar sebagai berikut:

$$P_{BGT} = 0,5 \times P \times (1 + DLA) \times (5,5 m + b)$$

$$P_{BGT} = 0,5 \times 49 \text{ kN/m} \times (1 + 0,4) \times (5,5 m + 9 m)$$

$$P_{BGT} = 497,35 \text{ kN}$$

Sehingga, besar total beban lajur “D” adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{TD} &= P_{BTR} + P_{BGT} \\ &= 1696,5 \text{ kN} + 497,35 \text{ kN} \\ &= 2193,85 \text{ kN} \end{aligned}$$

3. Beban Pejalan Kaki

Jembatan jalan raya direncanakan dapat memikul beban hidup merata pada trotoar yang besarnya tergantung pada luasan bidang trotoar yang dibebani. Persamaan hubungan antara luasan bidang trotoar dengan beban merata pejalan kaki sebagai berikut:

$$\text{Untuk } A \leq 10m^2 \quad : q = 5 \text{ kPa}$$

$$\text{Untuk } 10 m^2 < A \leq 100 m^2 \quad : q = 5 - 0,033 \times (A - 10) \text{ kPa}$$

$$\text{Untuk } A > 100 m^2 \quad : q = 2 \text{ kPa}$$

$$A = \text{Luas bidang trotoar yang dibebani pejalan kaki (m}^2\text{)}$$

$$q = \text{Beban hidup merata pada trotoar (kPa)}$$

- Panjang bentang (L) = 26 m
- Lebar trotoar (b_2) = 1 m
- Jumlah trotoar (n) = 2
- Luas bidang trotoar yang didukung *pier* (A) = 52 m²

Beban merata pada pejalan kaki:

$$\begin{aligned} q &= 5-0,033x(A-10) \text{ kPa} \\ &= 5-0,033x(52\text{m}^2-10) \\ &= 3,614 \text{ kPa} \end{aligned}$$

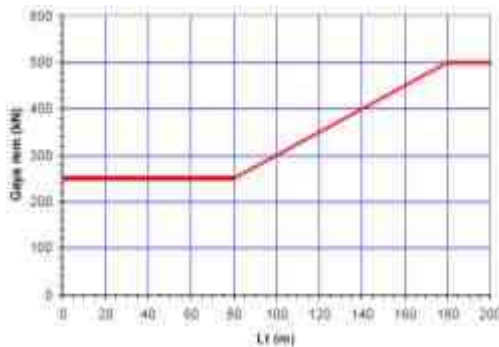
Beban pada *pier* akibat pejalan kaki:

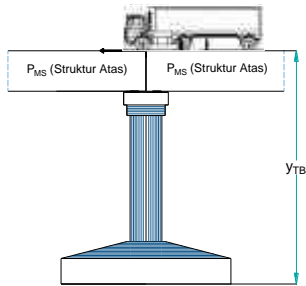
$$\begin{aligned} P_{TP} &= A \times q \\ &= 52 \text{ m}^2 \times 3,614 \text{ kPa} \\ &= 187,93 \text{ kN} \end{aligned}$$

4. Gaya Rem (T_B)

Pengaruh gaya rem dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem tersebut tergantung pada panjang total jembatan yang dibebani lalu lintas. Hubungan antara besarnya gaya rem dan panjang total jembatan digambarkan seperti pada **Gambar 5.7**, atau dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

- $L_t \leq 80 \text{ m}$, gaya rem (T_{TB}) = 250 kN
- $80 \text{ m} < L_t < 180 \text{ m}$, gaya rem (T_{TB}) = $250 + 2,5 \times (L_t - 80) \text{ kN}$
- Untuk $L_t \geq 180 \text{ m}$, gaya rem (T_{TB}) = 500 kN



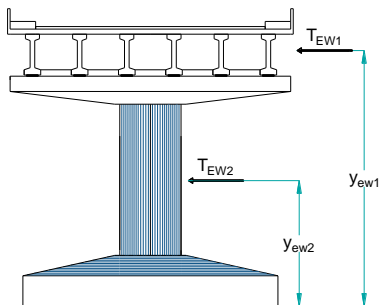


Gambar 5.7 Pengaruh Gaya Rem pada Bentang Jembatan

- Untuk $L_t = 26$ m, maka pengaruh gaya rem sebesar 250 kN
- Gaya rem pada *pier* (untuk 2 jalur lalu lintas) = 2×250 kN
= 500 kN
- Lengan terhadap Fondasi (Y_{TB}) = 11 m
- Momen pada Fondasi akibat gaya rem (M_{TB}) = $500 \text{ kN} \times 11 \text{ m}$
= 5500 kN.m
- Lengan terhadap dasar *Pier Column* (Y'_{TB}) = 9
- Momen pada *Pier Column* akibat gaya rem (M'_{TB}) = $500 \text{ kN} \times 9 \text{ m}$
= 4500 kN.m

5. Beban Angin

5.1 Beban Angin Arah Y (Melintang Jembatan)



Gambar 5.8 Beban Angin Arah Y (Melintang Jembatan)

Gaya akibat angin dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$T_{EW} = 0,0006 \times C_W \times (V_W)^2 \times A_b \text{ kN}$$

C_W = Koefisien seret

V_W = Kecepatan angin rencana (m/det)

A_b = Luas bidang samping jembatan (m^2)

C_W = 1,25

V_W = 35 m/det

Panjang bentang (L) = 26 m

Tinggi bidang samping atas (h_a) = 2,50 m

Tinggi bidang samping kendaraan (h_k) = 2,00 m

$$\begin{aligned} A_{b1} &= L \times (h_a + h_k) \\ &= 26 \text{ m} \times (2,50 \text{ m} + 2,00 \text{ m}) \\ &= 117 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Beban angin pada struktur atas :

$$\begin{aligned} T_{EW1} &= 0,0006 \times C_W \times (v_W)^2 \times A_{b1} \\ &= 0,0006 \times 1,25 \times (30 \text{ m/det})^2 \times 117 \text{ m}^2 \\ &= 78,98 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lengan terhadap Fondasi :

$$\begin{aligned} Y_{EW1} &= h_t + L_c + h_1 + h_2 + h_a/2 \\ &= 2 \text{ m} + 5,9 \text{ m} + 0,6 \text{ m} + 0,5 \text{ m} + (2,5 \text{ m} / 2) \\ &= 10,27 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pada Fondasi akibat angin atas :

$$\begin{aligned} M_{EW1} &= T_{EW1} \times Y_{EW1} \\ &= 78,98 \text{ kN} \times 10,27 \text{ m} \\ &= 811,073 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Lengan terhadap dasar *Pier Column* :

$$\begin{aligned} Y'_{EW1} &= L_c + h_1 + h_2 + h_a/2 \\ &= 5,9 \text{ m} + 0,6 \text{ m} + 0,5 \text{ m} + (2,5 \text{ m} / 2) \\ &= 8,27 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pada *Pier Column* akibat angin atas :

$$\begin{aligned} M'_{EW1} &= T_{EW1} \times Y'_{EW1} \\ &= 78,98 \text{ kN} \times 8,27 \text{ m} \\ &= 653,123 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Tinggi bidang samping struktur bawah :

$$L_c + a = L_c + h_1 + h_2 = 7,02 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A_{b2} &= \pi \times D \times (L_c + a) \\ &= \pi \times 2 \text{ m} \times 7,02 \text{ m} \\ &= 44,11 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Beban angin pada struktur bawah :

$$\begin{aligned} T_{EW2} &= 0,0006 \times C_W \times (v_W)^2 \times A_{b2} \\ &= 0,0006 \times 1,25 \times (30 \text{ m/det})^2 \times 44,11 \text{ m}^2 \\ &= 29,77 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lengan terhadap Fondasi :

$$\begin{aligned} Y_{EW2} &= h_t + (L_c + a)/2 \\ &= 2 \text{ m} + 7,02/2 \\ &= 5,51 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pada Fondasi akibat angin bawah :

$$\begin{aligned} M_{EW2} &= T_{EW2} \times Y_{EW2} \\ &= 29,77 \text{ kN} \times 5,51 \text{ m} \\ &= 164,05 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Lengan terhadap dasar *Pier Column* :

$$\begin{aligned} Y'_{EW2} &= (L_c + a)/2 \\ &= 7,02/2 \\ &= 3,51 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pada *Pier Column* akibat angin bawah :

$$\begin{aligned} M'_{EW2} &= T_{EW2} \times Y'_{EW2} \\ &= 29,77 \text{ kN} \times 3,51 \text{ m} \\ &= 104,50 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Total gaya akibat beban angin :

$$\begin{aligned} T_{EW} &= T_{EW1} + T_{EW2} \\ &= 78,98 \text{ kN} + 29,77 \text{ kN} \\ &= 108,75 \text{ kN} \end{aligned}$$

Total momen pada Fondasi akibat beban angin :

$$\begin{aligned} M_{EW} &= M_{EW1} + M_{EW2} \\ &= 811,07 \text{ kN.m} + 164,05 \text{ kN.m} \\ &= 975,12 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Total momen pada *Pier Column* akibat beban angin :

$$M'_{EW} = M'_{EW1} + M'_{EW2}$$

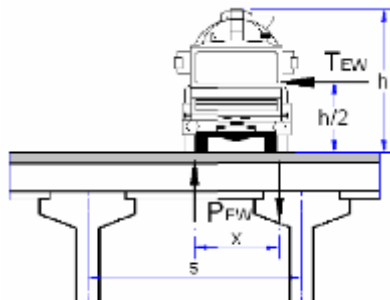
$$\begin{aligned}
 &= 653,12 \text{ kN.m} + 104,50 \text{ kN.m} \\
 &= 757,63 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Beban garis merata tambahan arah horisontal pada permukaan lantai jembatan akibat beban angin yang meniup kendaraan di atas lantai jembatan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_W \times (v_W)^2 \text{ kN/m}, C_W = 1,2$$

$$T_{EW} = 0,0012 \times 1,2 \times (30\text{m/det})^2$$

$$T_{EW} = 1,296 \text{ kN/m}$$



Gambar 5.9 Gaya Angin yang Meniup Bidang Samping Kendaraan

Bidang vertikal yang ditiup gaya angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi $h = 2,00 \text{ m}$ di atas lantai jembatan dan jarak antar roda kendaraan $x = 1,75 \text{ m}$

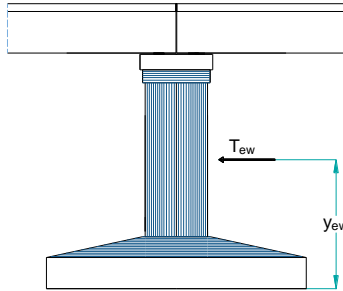
Gaya pada pilar jembatan akibat transfer beban angin ke lantai jembatan:

$$P_{EW} = 2 \times [1/2 \times h/x \times T_{EW}] \times L$$

$$P_{EW} = 2 \times [1/2 \times 2,00\text{m}/1,75\text{m} \times 1,296 \text{ kN/m}] \times 26,00 \text{ m}$$

$$P_{EW} = 38,51 \text{ kN}$$

5.2 Beban Angin Arah X (Memanjang Jembatan)



Gambar 5.10 Beban Angin Arah X (Memanjang Jembatan)

Ukuran bidang pilar (*pier*) yang ditiup beban angin arah X:

$$\text{Tinggi} : L_c + a = 5,92\text{m} + 1,1\text{m} = 7,02 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} : \pi \times D = \pi \times 2 \text{ m} = 6,28 \text{ m}$$

Luas bidang pilar yang ditiup angin :

$$\begin{aligned} A_b &= 2 \times (\pi \times D) \times (L_c + a) \\ &= 2 \times (6,28 \text{ m}) \times (7,02 \text{ m}) \\ &= 44,11 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Beban angin pada pilar :

$$\begin{aligned} T_{EW} &= 0,0006 \times C_w \times (v_w)^2 \times A_b \\ &= 0,0006 \times 1,25 \times (30 \text{ m/det})^2 \times 44,11 \text{ m}^2 \\ &= 29,77 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lengan terhadap Fondasi :

$$\begin{aligned} Y_{EW} &= h_t + (L_c + a)/2 \\ &= 2 \text{ m} + (7,02)/2 \\ &= 5,51 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pada Fondasi akibat beban angin :

$$\begin{aligned} M_{EW} &= T_{EW} \times Y_{EW} \\ &= 29,77 \text{ kN} \times 5,51 \text{ m} \\ &= 164,05 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Lengan terhadap *Pier Column* :

$$\begin{aligned} Y'_{EW} &= (L_c + a)/2 \\ &= (7,02 \text{ m})/2 \\ &= 3,51 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pada *Pier Column* akibat beban angin :

$$\begin{aligned} M'_{EW} &= T_{EW} \times Y'_{EW} \\ &= 29,77 \text{ kN} \times 3,51 \text{ m} \\ &= 104,50 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

6. Pengaruh Temperatur

Untuk memperhitungkan tegangan maupun deformasi struktur yang timbul akibat pengaruh temperatur, diambil perbedaan temperatur yang besarnya setengah dari selisih antara temperatur maksimum dan temperatur minimum rata-rata pada lantai jembatan.

Tabel 5.5 Temperatur Jembatan Rata-Rata Nominal
(sumber: RSNI-T02-2005)

Tipe Bangunan Atas	Temperatur Jembatan Rata-rata Minimum (1)	Temperatur Jembatan Rata-rata Maksimum
Lantai beton di atas gelagar atau boks beton	15°C	40°C
Lantai beton di atas gelagar boks atau rangka baja	15°C	40°C
Lantai pelat baja di atas gelagar boks atau rangka baja	15°C	45°C
CATATAN (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.		

Tabel 5.6 Koefisien Perpanjangan dan Modulus Elastisitas
(sumber: RSNI-T02-2005)

Bahan	Koefisien Perpanjangan Akibat Suhu	Modulus Elastisitas MPa
Baja	12×10^{-6} per °C	200.000
Beton:		
Kuat tekan <30 MPa	10×10^{-6} per °C	25.000
Kuat tekan >30 MPa	11×10^{-6} per °C	34.000
Aluminium	24×10^{-6} per °C	70.000

Temperatur rata-rata min, (T_{\min}) = 15⁰C

Temperatur rata-rata max, (T_{\max}) = 40⁰C

Perbedaan temperatur, (ΔT) =

$$\begin{aligned}\Delta T &= (T_{\max} - T_{\min})/2 \\ &= (40 - 15) / 2 \\ &= 12.5^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

Koefisien muai panjang untuk beton (α) = 10×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$

Koefisien geser untuk tumpuan berupa elastomer :

$$(k) = 1500 \text{ kN/m}$$

$$\text{Panjang bentang girder (L)} = 26 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah tumpuan elastomer (n)} = 6 \text{ buah}$$

Gaya pada pilar akibat pengaruh temperatur :

$$\begin{aligned}T_{\text{ET}} &= \alpha \times \Delta T \times k \times L/2 \times n \\ &= 10^{-5}/^{\circ}\text{C} \times 12.5^{\circ}\text{C} \times 1500 \text{ kN/m} \times 26 \text{ m}/2 \times 6 \\ &= 14,63 \text{ kN}\end{aligned}$$

Lengan terhadap fondasi :

$$\begin{aligned}Y_{\text{ET}} &= h_t + L_c + h_1 + h_2 \\ &= 2 \text{ m} + 5,9 \text{ m} + 0,6 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \\ &= 9,02 \text{ m}\end{aligned}$$

Momen pada fondasi akibat temperatur :

$$\begin{aligned}M_{\text{ET}} &= T_{\text{ET}} \times Y_{\text{ET}} \\ &= 14,625 \text{ kN} \times 9,02 \text{ m} \\ &= 131,92 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Lengan terhadap alas *pier column* :

$$\begin{aligned}Y'_{\text{ET}} &= Y_{\text{ET}} - h_t \\ &= 9,02 \text{ m} - 2 \text{ m} \\ &= 7,02 \text{ m}\end{aligned}$$

Momen pada alas *pier column* akibat temperatur :

$$\begin{aligned}M'_{\text{ET}} &= T_{\text{ET}} \times Y'_{\text{ET}} \\ &= 14,63 \text{ kN} \times 7,02 \text{ m} \\ &= 102,68 \text{ kNm}\end{aligned}$$

7. Beban Gempa

7.1 Beban Gempa Statik Ekuivalen

Beban gempa rencana dihitung dengan rumus:

$$T_{\text{EQ}} = K_h \times I \times W_t$$

$$K_h = C \times S$$

T_{EQ} = Gaya geser dasar total pada arah yang ditinjau (kN)

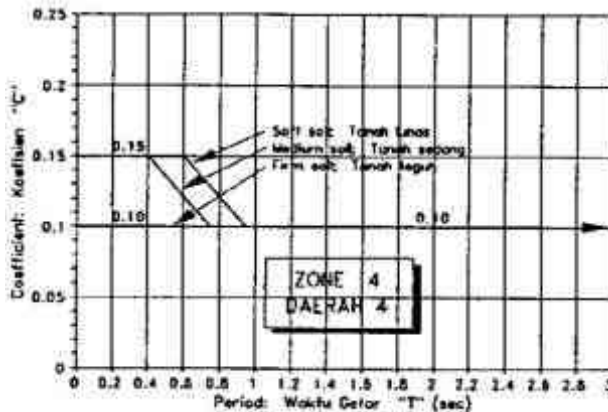
- K_h = Koefisien beban gempa horizontal
 I = Faktor kepentingan
 W_t = Berat total jembatan yang berupa berat sendiri struktur atas dan struktur bawah (kN)
 C = Koefisien geser dasar untuk wilayah gempa, waktu getar, dan kondisi tanah
 S = Faktor tipe struktur yang berhubungan dengan kapasitas penyerapan energi gempa (daktilitas) dari struktur jembatan

Waktu getar struktur dihitung dengan rumus:

$$T = 2 \times \pi \times \sqrt{[W_t / (g \times K_p)]}$$

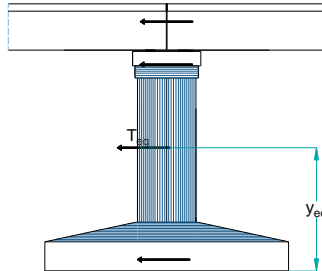
- g = Percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/det}^2$)
 K_p = Kekakuan struktur yang merupakan gaya horizontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan (kN/m)

Hubungan antara waktu getar dan koefisien geser dasar untuk kondisi tanah tertentu dan wilayah gempa 4 dapat dilihat pada **Gambar 5.11**.



Gambar 5.11 Hubungan antara Waktu Getar (T) dengan Koefisien Geser Dasar (C) untuk Wilayah Gempa 4

7.2 Beban Gempa Arah X (Memanjang Jembatan)



Gambar 5.12 Beban Gempa Arah X (Memanjang Jembatan)

Luas penampang *Pier Column* :

$$\begin{aligned} A &= \pi/4 \times D^2 \\ &= \pi/4 \times (2 \text{ m})^2 \\ &= 3,14 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Tinggi *Pier Column* :

$$L_c = 5,9 \text{ m}$$

Inersia penampang *Pier Wall* :

$$\begin{aligned} I_c &= \pi/64 \times D^4 \\ &= \pi/64 \times (2 \text{ m})^4 \\ &= 0,785 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Mutu beton K-300 :

$$\begin{aligned} f_c' &= 0,83 \times K/10 \\ &= 0,83 \times 300/10 \\ &= 24,9 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Modulus elastisitas beton :

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \times \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \times \sqrt{24,9 \text{ MPa}} \\ &= 23453 \text{ MPa} \\ &= 23452953 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Nilai kekakuan *Pier Wall* :

$$\begin{aligned} K_p &= 3 \times E_c \times I_c / L_c^3 \\ &= 3 \times 23452953 \text{ kPa} \times 0,785 \text{ m}^4 / (5,9 \text{ m})^3 \\ &= 266344,39 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Percepatan grafitasi (g) : 9,81 m/det²

Berat sendiri struktur atas ($P_{MS (Str. Atas)}$) : 3953,48 kN

Berat sendiri *headstock* ($P_{MS (Headstock)}$) : 686,25 kN

Setengah dari Berat *Pier Column* :

$$\begin{aligned}\frac{1}{2} \times P_{MS (Pier Column)} &= \frac{1}{2} \times 464,96 \text{ kN} \\ &= 232,48 \text{ kN}\end{aligned}$$

Berat total struktur (W_t) : 4872,21 kN

Waktu getar alami struktur (T) :

$$\begin{aligned}T &= 2 \times \pi \times \sqrt{[W_t / (g \times K_p)]} \\ &= 2 \times \pi \times \sqrt{[4872,21 \text{ kN} / (9,81 \text{ m/det}^2 \times 266344,39 \text{ kN/m})]} \\ &= 0,271 \text{ detik}\end{aligned}$$

Kondisi tanah dasar termasuk tanah lunak dan lokasi jembatan berada di wilayah gempa 4. Dari kurva koefisien geser dasar pada **Gambar 5.11** didapatkan nilai koefisien geser dasar (C) = 0,15

Untuk jembatan dengan sendi plastis beton bertulang, faktor jenis struktur dihitung dengan rumus:

$$S = 1,0 \times F$$

Nilai $F = 1,25 - 0,025 \times n$ dan F harus diambil ≥ 1 .

Dimana:

F = Faktor perangkaan

n = Jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral

Untuk $n = 1$, maka:

$$\begin{aligned}F &= 1,25 - 0,025 \times n \\ &= 1,25 - 0,025 \times 1 \\ &= 1,225\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S &= 1,0 \times F \\ &= 1,0 \times 1,225 \\ &= 1,225\end{aligned}$$

Nilai koefisien beban gempa horisontal:

$$\begin{aligned}K_h &= C \times S \\ &= 0,15 \times 1,225 \\ &= 0,18\end{aligned}$$

Dalam RSNI T-02-2005 Pasal 7.7.3 untuk jembatan yang memuat > 2000 kendaraan/hari, jembatan pada jalan raya utama

atau arteri dan jembatan dimana terdapat route alternatif diambil nilai faktor kepentingan (I) = 1,0

$$\begin{aligned}\text{Gaya gempa : } T_{EQ} &= K_h \times I \times W_t \\ &= 0,18 \times 1,0 \times W_t \text{ kN} \\ &= 0,18 \times W_t\end{aligned}$$

Distribusi beban gempa pada pilar adalah sebagai berikut:

Tabel 5.7 Perhitungan Beban Gempa arah x (memanjang) pada Pilar 1

No	Jenis beban	W (kN)	Teq (kN)	y (m)	Momen (kNm)
1	berat sendiri struktur atas	3953,48	726,45	10,27	7460,66
2	berat sendiri <i>headstock</i>	686,25	126,10	8,56	1078,96
3	berat sendiri <i>pier column</i>	464,96	85,44	4,96	423,76
4	berat sendiri <i>pilecap</i>	2970	545,74	0,76	413,44
Σ			1483,72		9376,81

Lengan terhadap Fondasi :

$$\begin{aligned}Y_{EQ} &= M_{EQ}/T_{EQ} \\ &= 9376,81 \text{ kN.m} / 1483,72 \text{ kN} \\ &= 6,32 \text{ m}\end{aligned}$$

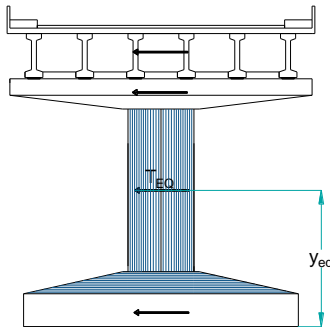
Lengan terhadap *Pier Column* :

$$\begin{aligned}Y'_{EQ} &= Y_{EQ} - h_t \\ &= 6,32 \text{ m} - 2 \text{ m} \\ &= 4,32 \text{ m}\end{aligned}$$

Momen pada *Pier Column* akibat beban gempa :

$$\begin{aligned}M'_{EQ} &= T_{EQ} \times Y'_{EQ} \\ &= 1483,72 \text{ kN} \times 4,32 \text{ m} \\ &= 6409,37 \text{ kN.m}\end{aligned}$$

7.3 Beban Gempa Arah Y (Melintang Jembatan)



Gambar 5.13 Beban Gempa Arah Y (Melintang Jembatan)

Inersia penampang *Pier Column* :

$$\begin{aligned} I_c &= \pi/64 \times D^4 \\ &= \pi/64 \times (2 \text{ m})^4 \\ &= 0,785 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Nilai kekakuan *Pier Wall* :

$$\begin{aligned} K_p &= 3 \times E_c \times I_c / L_c^3 \\ &= 3 \times 23452953 \text{ kPa} \times 0,785 \text{ m}^4 / (5,9 \text{ m})^3 \\ &= 266344,39 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Waktu getar alami struktur (T) :

$$\begin{aligned} T &= 2 \times \pi \times \sqrt{[W_t / (g \times K_p)]} \\ &= 2 \times \pi \times \sqrt{[4872,21 \text{ kN} / (9,81 \text{ m/det}^2 \times 266344,39 \text{ kN/m})]} \\ &= 0,271 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dari kurva koefisien geser dasar pada **Gambar 5.** didapatkan nilai koefisien geser dasar (C) = 0,15

Faktor tipe struktur :

$$\begin{aligned} S &= 1,0 \times F \\ &= 1,0 \times 1,225 \\ &= 1,225 \end{aligned}$$

Faktor kepentingan :

$$I = 1,0$$

Koefisien beban gempa horisontal :

$$\begin{aligned}
 K_h &= C \times S \\
 &= 0,15 \times 1,225 \\
 &= 0,18
 \end{aligned}$$

Gaya gempa :

$$\begin{aligned}
 T_{EQ} &= K_h \times I \times W_t \\
 &= 0,18 \times 1,0 \times W_t \\
 &= 0,18 \times W_t
 \end{aligned}$$

Distribusi beban gempa pada pilar adalah sebagai berikut:

Tabel 5.8 Perhitungan Beban Gempa arah y (melintang) pada Pilar 1

No	Jenis beban	W (kN)	Teq (kN)	y (m)	Momen (kNm)
1	berat sendiri struktur atas	3953,48	726,45	10,27	7460,66
2	berat sendiri <i>headstock</i>	686,25	126,10	8,56	1078,96
3	berat sendiri <i>pier column</i>	464,96	85,44	4,96	423,76
4	berat sendiri <i>pilecap</i>	2970	545,74	0,76	413,44
		Σ	1483,72		9376,81

Lengan terhadap Fondasi :

$$\begin{aligned}
 Y_{EQ} &= M_{EQ}/T_{EQ} \\
 &= 9376,81 \text{ kN.m} / 1483,72 \text{ kN} \\
 &= 6,32 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Lengan terhadap *Pier Column* :

$$\begin{aligned}
 Y'_{EQ} &= Y_{EQ} - h_t \\
 &= 6,32 \text{ m} - 2 \text{ m} \\
 &= 4,32 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Momen pada *Pier Column* akibat beban gempa :

$$\begin{aligned}
 M'_{EQ} &= T_{EQ} \times Y'_{EQ} \\
 &= 1483,72 \text{ kN} \times 4,32 \text{ m} \\
 &= 6409,37 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

8. Gesekan pada Perletakan

Gaya gesek yang timbul hanya ditinjau terhadap beban berat sendiri struktur atas. Koefisien gesek pada tumpuan yang berupa elastomer (μ): 0,01.

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri struktur atas (P}_{\text{MS}}) &= 3953,48 \text{ kN} \\ \text{Reaksi pilar akibat beban tetap (P}_{\text{T}}) &= 3953,48 \text{ kN} \\ \text{Gaya gesek pada perletakan (T}_{\text{FB}}) &= \mu \times P_{\text{T}} \\ &= 0,01 \times 3953,48 \text{ kN} \\ &= 39,53 \text{ kN} \\ \text{Lengan terhadap fondasi (Y}_{\text{FB}}) &= 9,02 \text{ m} \\ \text{Momen pada fondasi akibat gesekan (M}_{\text{FB}}) &= T_{\text{FB}} \times Y_{\text{FB}} \\ &= 39,53 \text{ kN} \times 9,02 \text{ m} \\ &= 356,60 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\text{Lengan terhadap } \textit{pier column} (Y'_{\text{FB}}) = 7,02 \text{ m}$$

Momen pada *pier column* akibat gesekan (M'_{FB}) :

$$\begin{aligned}M'_{\text{FB}} &= T_{\text{FB}} \times Y'_{\text{FB}} \\ &= 39,53 \text{ kN} \times 7,02 \text{ m} \\ &= 277,53 \text{ kNm}\end{aligned}$$

9. Kombinasi Beban Kerja

Rekap dari beban kerja pada pilar ditampilkan pada **Tabel 5.9**. Kombinasi pembebanan yang bekerja pada pilar 1 dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Rekap kombinasi pembebanan yang bekerja pada pilar 1 dapat dilihat pada **Tabel 5.10**.

Tabel 5.9 Rekap Beban Kerja pada Pilar

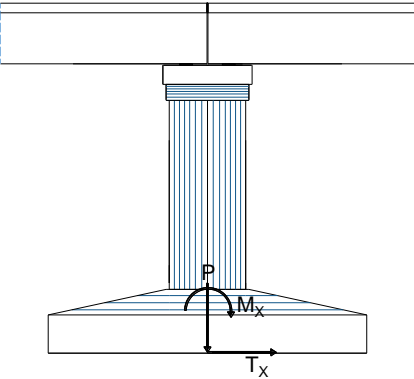
No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	8074,69				
2	Beban lajur "D"	TD	2193,85				
3	Beban pejalan kaki	TP	187,93				
4	Gaya rem	TB		500,00		5500	
5	Pengaruh Temperatur	ET		14,63		131,92	

6	Gaya Gesek	FB		39,53		356,60	
7	Beban angin	EW	38,51	29,77	108,75	164,05	975,12
8	Beban gempa	EQ		1483,72	1483,72	9376,81	9376,81

Tabel 5.10 Rekap Kombinasi Pembebanan untuk Perencanaan
Tegangan Kerja

No	Kombinasi Beban	Tegangan berlebihan	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Kombinasi 1	0%	10456,46	500,00	0,00	5500	0,00
2	Kombinasi 2	25%	10456,46	554,16	0,00	5988,52	0,00
3	Kombinasi 3	25%	10494,97	569,31	108,75	6020,65	975,12
4	Kombinasi 4	40%	10494,97	583,93	108,75	6152,57	975,12
5	Kombinasi 5	50%	8074,69	1483,72	1483,72	9376,81	9376,81
6	Kombinasi 6	30%	8074,69	0,00	0,00	0,00	0,00
7	Kombinasi 7	50%	10456,46	539,53	0,00	5856,60	0,00

10. Kontrol Stabilitas Guling
10.1 Stabilitas Guling Arah Memanjang Jembatan



Gambar 5.14 Stabilitas Guling Arah Memanjang Jembatan

Letak titik guling (ujung fondasi) terhadap pusat fondasi adalah $B_x/2 = 9 \text{ m} / 2 = 4,5 \text{ m}$. Momen penahan guling didapatkan dari rumus berikut:

$$M_p = P * (B_x / 2) * (1 + k)$$

k = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_x = Momen penyebab guling

Angka aman terhadap guling:

$$SF = M_p / M_x$$

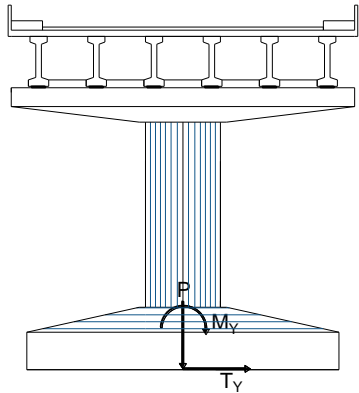
$$SF \geq 2,2$$

Berikut adalah rekap dari perhitungan angka keamanan terhadap guling arah memanjang jembatan:

Tabel 5.11 Hasil Perhitungan SF dari Guling Arah Memanjang Jembatan

No	Kombinasi Beban	k	P (kN)	M _x (kNm)	M _p (kNm)	SF	Ket
1	Kombinasi 1	0%	10456,46	5500,00	47054,08	8,56	OK
2	Kombinasi 2	25%	10456,46	5988,52	58817,61	9,82	OK
3	Kombinasi 3	25%	10494,97	6020,65	59034,22	9,81	OK
4	Kombinasi 4	40%	10494,97	6152,57	66118,33	10,75	OK
5	Kombinasi 5	50%	8074,69	9376,81	54504,12	5,81	OK
6	Kombinasi 6	30%	8074,69	0,00	47236,91		
7	Kombinasi 7	50%	10456,46	5856,60	70581,13	12,05	OK

10.2 Stabilitas Guling Arah Melintang Jembatan



Gambar 5.15 Stabilitas Guling Arah Melintang Jembatan

Letak titik guling (ujung fondasi) terhadap pusat fondasi adalah $B_y/2 = 9 \text{ m} / 2 = 4,5 \text{ m}$. Momen penahan guling didapatkan dari rumus berikut:

$$M_p = P * (B_y / 2) * (1 + k)$$

k = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)
 M_y = Momen penyebab guling

Angka aman terhadap guling:

$$SF = M_p / M_y$$

$$SF \geq 2,2$$

Berikut adalah rekap dari perhitungan angka keamanan terhadap guling arah melintang jembatan:

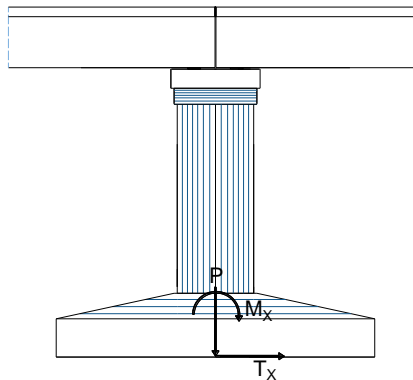
Tabel 5.12 Hasil Perhitungan SF dari Guling Arah Melintang Jembatan

No	Kombinasi Beban	k	P (kN)	My (kNm)	Mp (kNm)	SF	Ket
1	Kombinasi 1	0%	10456,46	0,00	47054,08		
2	Kombinasi 2	25%	10456,46	0,00	58817,61		

3	Kombinasi 3	25%	10494,97	975,12	59034,22	60,54	OK
4	Kombinasi 4	40%	10494,97	975,12	66118,33	67,81	OK
5	Kombinasi 5	50%	8074,69	9376,81	54504,12	5,81	OK
6	Kombinasi 6	30%	8074,69	0,00	47236,91		
7	Kombinasi 7	50%	10456,46	0,00	70581,13		

11. Kontrol Stabilitas Geser

11.1 Stabilitas Geser Arah Memanjang Jembatan



Gambar 5.16 Stabilitas Geser Arah Memanjang Jembatan

Parameter tanah dasar *Pilecap* :

Sudut geser tanah (ϕ) = 0°

Kohesi (c) = 15,64 kPa

Ukuran dasar *Pilecap* = $B_x = 9$ m

$B_y = 9$ m

Gaya penahan geser :

$$H = (c * B_x * B_y + P * \tan \phi) * (1 + k)$$

k = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_y = Momen penyebab guling

Angka aman terhadap guling :

$$SF = H / T_x$$

$$SF \geq 1,1$$

Gaya penahan geser :

$$H = (c * B_x * B_y + P * \tan \phi) * (1 + k)$$

k = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_y = Momen penyebab guling

Angka aman terhadap guling:

$$SF = H/T_y$$

$$SF \geq 1,1$$

Berikut adalah rekap dari perhitungan angka keamanan terhadap geser arah melintang jembatan:

Tabel 5.14 Hasil Perhitungan SF dari Geser Arah Melintang Jembatan

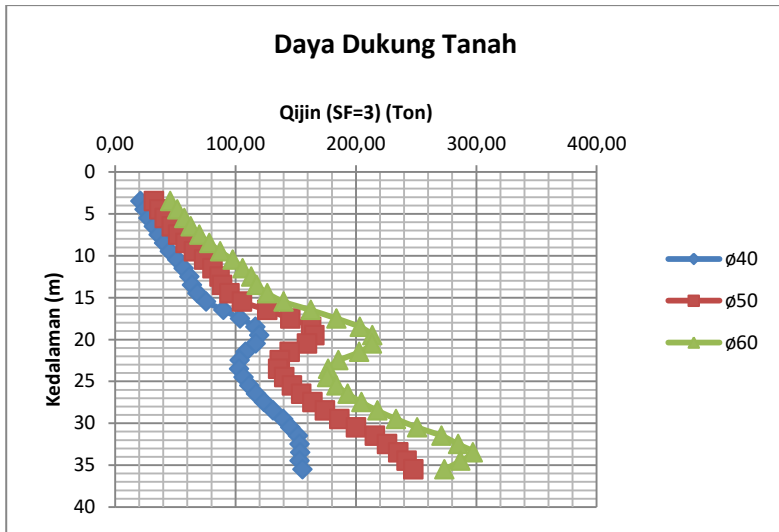
No	Kombinasi Beban	k	Ty (kN)	P (kN)	H (kN)	SF	Ket
1	Kombinasi 1	0%	0,00	10456,46	1266,84		
2	Kombinasi 2	25%	0,00	10456,46	1583,55		
3	Kombinasi 3	25%	108,75	10494,97	1583,55	14,56	OK
4	Kombinasi 4	40%	108,75	10494,97	1773,58	16,31	OK
5	Kombinasi 5	50%	1483,72	8074,69	1900,26	1,28	OK
6	Kombinasi 6	30%	0,00	8074,69	1646,89		
7	Kombinasi 7	50%	0,00	10456,46	1900,26		

C. Perencanaan Tiang Pancang

Pada Tugas Akhir ini, diameter tiang pancang yang direncanakan adalah diameter 40 cm, 50 cm, dan 60 cm. Berikut adalah perhitungan perencanaan tiang pancang:

1. Daya Dukung Tanah

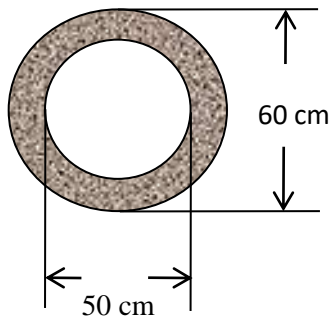
Nilai daya dukung tanah ini didapatkan dari data N-spt dan diameter tiang yang direncanakan. Grafik daya dukung tanah dapat dilihat pada **Gambar 5.18** di bawah ini.



Gambar 5.18 Grafik Daya Dukung Tanah

2. Data Spesifikasi Tiang Pancang dan Dimensi *Pilecap*

Spesifikasi tiang pancang untuk pilar jembatan diambil berdasarkan dari brosur PT. Wika. Spesifikasi tiang pancang dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan tiang pancang dengan diameter 60 cm.

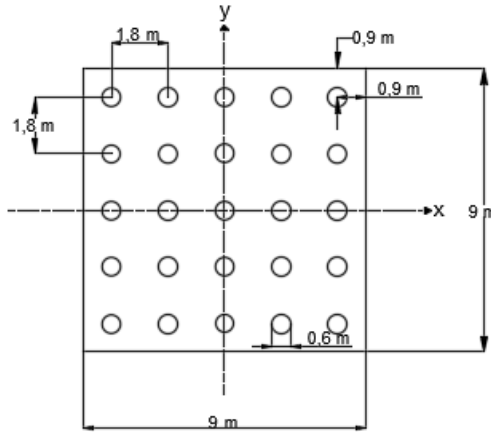


Gambar 5.19 Diameter Tiang Pancang untuk Pilar Jembatan

- Diameter luar (d_2) = 60 cm
- Tebal = 10 cm
- Diameter dalam (d_1) = 50 cm
- Kelas = C
- Mutu beton = K-600
- f_c' = 49,8 MPa
- *Allowable axial* = 229,5 ton
- *Bending moment crack* = 29 t.m
- *Bending moment ultimate* = 58 t.m
- E = $4700 \times \sqrt{f_c'}$
 = 33167,48 MPa
 = 331674,84 kg/cm²
- Momen Inersia (I) = $1/64 \times \pi \times (d_2^4 - d_1^4)$
 = 329376,35 cm⁴

3. Perencanaan Konfigurasi Tiang Pancang

Berikut adalah perhitungan untuk perencanaan konfigurasi tiang pancang pada pilar jembatan *overpass* Mungkung:



Gambar 5.20 Konfigurasi Tiang Pancang pada Pilar

- Jumlah tiang pancang = 25 buah
- n arah x (m) = 5 buah
- n arah y (n) = 5 buah
- $L_{Pilecap}$ arah x = 9 m
- $L_{Pilecap}$ arah y = 9 m
- Jarak antar tiang arah x = 1,8 m
- Jarak antar tiang arah y = 1,8 m
- Jarak tiang ke sisi terluar (s) = 0,9 m

Hasil perhitungan kombinasi tiang pancang untuk setiap diameter tiang pancang yang direncanakan, yaitu D40, D50, dan D60 dapat dilihat pada **Tabel 5.15**.

Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Kombinasi Tiang Pancang D40, D50, dan D60

Diameter Tiang Pancang (m)	m	n	Total	S _m (m)	S _n (m)	Jarak Pancang ke Tepi m (m)	Jarak Pancang ke Tepi n (m)
0,4	7	7	49	1,2	1,2	0,9	0,9
0,5	6	6	36	1,4	1,4	1	1
0,6	5	5	25	1,8	1,8	0,9	0,9

Efisiensi tiang pancang dalam group (μ):

$$\mu = 1 - \frac{\arctan(D/s)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$\mu = 1 - \frac{\arctan(0,6/1,8)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{5} - \frac{1}{5}\right)$$

$$\mu = 0,672$$

$$\begin{aligned} P_{ijin} \text{ 1 tiang dalam group} &= P_{ijin} \times \mu \\ &= 204,699 \text{ ton} \times 0,672 \\ &= 137,61 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$P_{max} = \frac{P}{n} + \frac{M_y * X_{max}}{\sum nX_i^2} + \frac{M_x * Y_{max}}{\sum nY_i^2}$$

$$P_{min} = \frac{P}{n} - \frac{M_y * X_{max}}{\sum nX_i^2} - \frac{M_x * Y_{max}}{\sum nY_i^2}$$

Tabel 5.16 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum yang diderita
Satu Tiang Bor D40

No	Kombinasi Beban	P (ton)	Mx (tm)	My (tm)	P/n (ton)	$M_y.x/\sum y^2$ (ton)	$M_x.y/\sum x^2$ (ton)	Pmax (ton)	Pmin (ton)
1	Kombinasi 1	1045,65	550,00	0,00	21,34	0,00	7,02	28,36	14,32
2	Kombinasi 2	1045,65	598,85	0,00	21,34	0,00	7,64	28,98	13,70
3	Kombinasi 3	1049,50	602,07	97,51	21,42	1,24	7,68	30,34	12,50
4	Kombinasi 4	1049,50	615,26	97,51	21,42	1,24	7,85	30,51	12,33
5	Kombinasi 5	807,47	937,68	937,68	16,48	11,96	11,96	40,40	-7,44
6	Kombinasi 6	807,47	0,00	0,00	16,48	0,00	0,00	16,48	16,48
7	Kombinasi 7	1045,65	585,66	0,00	21,34	0,00	7,47	28,81	13,87

Tabel 5.17 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum yang diderita
Satu Tiang Bor D50

No	Kombinasi Beban	P (ton)	Mx (tm)	My (tm)	P/n (ton)	$M_y.x/\sum y^2$ (ton)	$M_x.y/\sum x^2$ (ton)	Pmax (ton)	Pmin (ton)
1	Kombinasi 1	1045,65	550,00	0,00	29,05	0,00	9,35	38,40	19,69
2	Kombinasi 2	1045,65	598,85	0,00	29,05	0,00	10,18	39,23	18,86
3	Kombinasi 3	1049,50	602,07	97,51	29,15	1,66	10,24	41,05	17,26
4	Kombinasi 4	1049,50	615,26	97,51	29,15	1,66	10,46	41,27	17,03
5	Kombinasi 5	807,47	937,68	937,68	22,43	15,95	15,95	54,32	-9,46
6	Kombinasi 6	807,47	0,00	0,00	22,43	0,00	0,00	22,43	22,43
7	Kombinasi 7	1045,65	585,66	0,00	29,05	0,00	9,96	39,01	19,09

Tabel 5.18 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum yang diderita
Satu Tiang Bor D60

No	Kombinasi Beban	P (ton)	Mx (tm)	My (tm)	P/n (ton)	$M_y.x/\sum y^2$ (ton)	$M_x.y/\sum x^2$ (ton)	Pmax (ton)	Pmin (ton)
1	Kombinasi 1	1045,65	550,00	0,00	41,83	0,00	12,22	54,05	29,60
2	Kombinasi 2	1045,65	598,85	0,00	41,83	0,00	13,31	55,13	28,52

3	Kombinasi 3	1049,50	602,07	97,51	41,98	2,17	13,38	57,53	26,43
4	Kombinasi 4	1049,50	615,26	97,51	41,98	2,17	13,67	57,82	26,14
5	Kombinasi 5	807,47	937,68	937,68	32,30	20,84	20,84	73,97	-9,38
6	Kombinasi 6	807,47	0,00	0,00	32,30	0,00	0,00	32,30	32,30
7	Kombinasi 7	1045,65	585,66	0,00	41,83	0,00	13,01	54,84	28,81

Tabel 5.19 Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor D40

No	% Pijin	Pijin (ton)	Pbeban (ton)	Pijin x % (ton)	Keterangan
1	100%	94,43	28,36	94,43	OK
2	125%	94,43	28,98	118,04	OK
3	125%	94,43	30,34	118,04	OK
4	140%	94,43	30,51	132,20	OK
5	150%	94,43	40,40	141,65	OK
6	130%	94,43	16,48	122,76	OK
7	150%	94,43	28,81	141,65	OK

Tabel 5.20 Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor D50

No	% Pijin	Pijin (ton)	Pbeban (ton)	Pijin x % (ton)	Keterangan
1	100%	104,40	38,40	104,40	OK
2	125%	104,40	39,23	130,51	OK
3	125%	104,40	41,05	130,51	OK
4	140%	104,40	41,27	146,17	OK
5	150%	104,40	54,32	156,61	OK
6	130%	104,40	22,43	135,73	OK
7	150%	104,40	39,01	156,61	OK

Tabel 5.21 Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor D60

No	% Pijin	Pijin (ton)	Pbeban (ton)	Pijin x % (ton)	Keterangan
1	100%	137,61	54,05	137,61	OK
2	125%	137,61	55,13	172,02	OK
3	125%	137,61	57,53	172,02	OK
4	140%	137,61	57,82	192,66	OK
5	150%	137,61	73,97	206,42	OK
6	130%	137,61	32,30	178,90	OK
7	150%	137,61	54,84	206,42	OK

4. Kontrol Tiang Pancang

Kontrol tiang pancang berfungsi untuk memastikan tiang pancang yang telah direncanakan di atas tidak mengalami geser lateral dan tidak mengalami *crack* akibat momen. Berikut adalah perhitungan kontrol geser lateral dan *crack* momen untuk diameter tiang pancang 60 cm.

- Mencari Harga f

Harga f didapatkan melalui grafik dari NAVFAC DM-7 (**Gambar 2.24**). Parameter yang diperlukan untuk mendapatkan f adalah:

$$C_u = 0,235 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_u = 2 \times C_u = 2 \times 0,235 \text{ kg/cm}^2 = 0,469 \text{ kg/cm}^2 = 0,480 \text{ t/ft}^2$$

dari grafik NAVFAC didapatkan nilai $f = 3 \text{ ton/ft}^2$

$$f = 3 \text{ ton/ft}^2 \times 0,032 = 0,096 \text{ kg/cm}^3$$

- Mencari nilai T

$$T = (EI/f)^{1/5}$$

Mutu beton K-600

$$f'_c = 0,83 \times 600 \times 9,81/100 = 48,9 \text{ MPa}$$

$$E = 4700 \times \sqrt{f'_c} = 4700 \times \sqrt{48,9} = 331675 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 329376 \text{ cm}^4$$

$$\text{Maka, } T = 257,78 \text{ cm} = 2,58 \text{ m}$$

- Mencari F_δ dan F_M

Untuk mencari nilai F_δ dan F_M digunakan kurva NAVFAC yang dapat dilihat pada **Gambar 2.22**. Parameter yang diperlukan adalah nilai L/T dan nilai z yang ditetapkan pada kedalaman 0 m ($z = 0$). Dimana L = panjang tiang pancang yang digunakan. $L/T = 27,5 \text{ m}/2,58 \text{ m} = 10,67$. Dari kurva NAVFAC didapatkan; $F_\delta = 0,9$ dan $F_M = 0,9$

- Perhitungan Geser Lateral

Geser lateral dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\delta = F_\delta \left(\frac{PT^3}{EI} \right)$$

Dimana:

$P = H_{\max}/n$

H_{\max} = gaya horizontal maksimum

n = jumlah tiang pancang

$\delta \leq 1 \text{ inch (2,54 cm)}$

Didapatkan $\delta = 1,45 \text{ cm} < 2,54 \text{ cm}$

Maka tiang pancang rencana aman dari geser lateral

- Perhitungan Momen Maksimum

Momen maksimum dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$M_{p\max} = fm \times P \times T$$

Dimana:

$P = H_{\max}/n$

H_{\max} = gaya horizontal maksimum

n = jumlah tiang pancang

$M_{p\max} < \text{Momen crack bahan}$

Didapatkan $M_{p\max} = 13,77 \text{ t.m} < 29 \text{ t.m (} M_{\text{crack bahan}} \text{)}$

Hasil perhitungan kontrol geser lateral untuk setiap diameter tiang pancang yang direncanakan dapat dilihat pada **Tabel 5.22**. Hasil perhitungan kontrol momen terhadap momen *crack* bahan untuk setiap diameter tiang pancang yang direncanakan dapat dilihat pada **Tabel 5.23 s/d Tabel 5.25**.

Tabel 5.22 Hasil Perhitungan Kontrol Geser Lateral

Diameter Tiang Pancang (m)	Geser Lateral (cm)	Geser Lateral yang diijinkan (cm)	Keterangan
0,4	0,79	2,54	OK
0,5	0,76	2,54	OK
0,6	0,84	2,54	OK

Tabel 5.23 Hasil Perhitungan Kontrol Momen D40

No	%Mijin	Mcrack (tm)	P (ton)	Mp (tm)	Keterangan
1	100%	9,00	1,02	1,74	OK
2	125%	11,25	1,13	1,93	OK
3	125%	11,25	1,16	1,98	OK
4	140%	12,60	1,19	2,03	OK
5	150%	13,50	3,03	5,17	OK
6	130%	11,70	0,00	0,00	OK
7	150%	13,50	1,10	1,88	OK

Tabel 5.24 Hasil Perhitungan Kontrol Momen D50

No	%Mijin	Mcrack (tm)	P (ton)	Mp (tm)	Keterangan
1	100%	17,00	1,39	2,82	OK
2	125%	21,25	1,54	3,12	OK
3	125%	21,25	1,58	3,21	OK
4	140%	23,80	1,62	3,29	OK
5	150%	25,50	4,12	8,36	OK
6	130%	22,10	0,00	0,00	OK
7	150%	25,50	1,50	3,04	OK

Tabel 5.25 Hasil Perhitungan Kontrol Momen D60

No	%Mijin	Mcrack (tm)	P (ton)	Mp (tm)	Keterangan
1	100%	29,00	2,00	4,64	OK
2	125%	36,25	2,22	5,14	OK
3	125%	36,25	2,28	5,28	OK
4	140%	40,60	2,34	5,42	OK
5	150%	43,50	5,93	13,77	OK
6	130%	37,70	0,00	0,00	OK
7	150%	43,50	2,16	5,01	OK

D. Penentuan Tiang Pancang yang Digunakan

Pada perencanaan tiang pancang untuk pilar 1, direncanakan tiang pancang dengan diameter 0,4 m, 0,5 m, dan 0,6 m. Dengan menggunakan brosur harga tiang pancang pada **Lampiran 1** dan berdasarkan kebutuhan tiang pancang yang digunakan seperti pada **Tabel 5.15**, maka didapatkan hasil biaya untuk masing-masing diameter tiang pancang yang direncanakan. Hasil perhitungan biaya untuk masing-masing diameter tiang pancang dapat dilihat pada **Tabel 5.26**.

Tabel 5.26 Total Kebutuhan dan Biaya Tiang Pancang

D (m)	Kedalaman (m)	Jumlah	Kebutuhan Tiang Pancang			Total Biaya
			9 m	14 m	15 m	
0,4	30,5	49	196			Rp744.800.000
0,5	27,5	36		72		Rp396.000.000
0,6	27,5	25			50	Rp335.000.000

Penentuan tiang pancang yang digunakan berdasarkan biaya yang paling ekonomis. Berdasarkan perhitungan biaya pada **Tabel 5.26** di atas, maka untuk pilar 1 digunakan tiang pancang dengan diameter 0,6 m.

E. Perhitungan Penulangan Pilar

• *Pilecap*

Direncanakan penulangan bagian *pilecap* pada pilar 1 menggunakan diameter tulangan vertikal 25 mm dan diameter tulangan horizontal 16 mm. Kekuatan leleh tulangan (f_y) adalah 390 MPa dan kekuatan tekan beton (f'_c) adalah K-600 atau 49,8 MPa. Tebal selimut beton adalah 100 mm. Berikut ini adalah beban *ultimate* yang terjadi pada bagian *pilecap* pilar 1.

1. Akibat Berat *Pilecap* :

$$W_s = 163800 \text{ kg}$$

$$M_s = 262762,5 \text{ kgm}$$

2. Akibat P_{\max} Tiang Pancang :

$$W_p = 522341,74 \text{ kg}$$

$$M_p = 918743,82 \text{ kgm}$$

Didapatkan momen *ultimate*, M_u/L (lebar) = 72886,81 kgm

$$d = 1100 \text{ mm}$$

$$d_x = d - 0,5 D - \emptyset$$

$$= 1100 \text{ mm} - (0,5 \times 25 \text{ mm}) - 16 \text{ mm}$$

$$= 1071 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,056$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,042$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 0,004$$

$$M_n = M_u/\emptyset = 911,09 \text{ kgm}$$

$$R_n = M_n/(b \cdot d^2) = 0,079$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c}} \right) = 0,0002$$

$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$, maka digunakan ρ_{\min}

$$A_s \text{ perlu} = \rho_b \cdot b \cdot d_x = 38464,10 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D25-125 ($A_s = 39269,91 \text{ mm}^2$)

Untuk tulangan bagi dipakai 20% $A_s = 7692,82 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D16-250 ($A_s = 8042,48 \text{ mm}^2$)

- **Pier Column (Kolom Pilar)**

Direncanakan penulangan bagian kolom pilar pada pilar 1 menggunakan diameter tulangan vertikal 25 mm. Kekuatan leleh tulangan (f_y) adalah 390 MPa dan kekuatan tekan beton (f'_c) adalah K-300 atau 24,9 MPa. Tebal selimut beton adalah 100 mm. Perhitungan kebutuhan tulangan pada kolom pilar menggunakan bantuan program *PCA Column* dengan menginput dimensi kolom pilar dan beban yang bekerja pada kolom pilar tersebut. Dimensi kolom pilar sebagai berikut.

Diameter kolom pilar (D) = 2 m

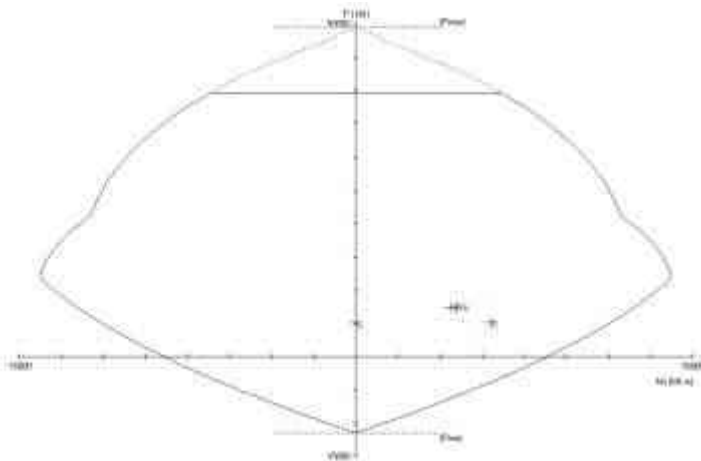
Tinggi kolom pilar (L_c) = 5,9 m

Luas Penampang (A) = 3,142 m²

Beban yang bekerja pada kolom pilar dapat dilihat pada **Tabel 5.27**.

Tabel 5.27 Beban pada Kolom Pilar 1

No	Kombinasi	P (kN)	Mx (kNm)
1	Kombinasi 1	7486,46	4500,00
2	Kombinasi 2	7486,46	4880,20
3	Kombinasi 3	7524,97	4882,04
4	Kombinasi 4	7524,97	4984,70
5	Kombinasi 5	5104,69	6409,37
6	Kombinasi 6	5104,69	0,00
7	Kombinasi 7	7486,46	4777,53



Gambar 5.21 Diagram Interaksi Hasil Analisa *PCA Column* (Pilar 1)

Gambar 5.21 di atas adalah diagram interaksi hasil analisa dengan menggunakan program *PCA Column*. Dari analisa tersebut dibutuhkan tulangan sebanyak 64 buah dengan diameter tulangan 25 mm.

- ***Headstock / Pier Head***

Direncanakan penulangan daerah tarik dan daerah tekan bagian *headstock* pada pilar 1 masing-masing menggunakan diameter tulangan vertikal 25 mm dan 19 mm. Kekuatan leleh tulangan (f_y) adalah 390 MPa dan kekuatan tekan beton (f'_c) adalah K-300 atau 24,9 MPa. Jarak tulangan terhadap sisi luar beton adalah 250 mm. Berikut ini adalah beban *ultimate* yang terjadi pada bagian *headstock* pilar 1.

Beban bagian struktur bawah *headstock* :

Beban bagian struktur bawah terdiri dari berat sendiri dan beban gempa.

1. Akibat Berat Sendiri :

$$W_s = 325,62 \text{ kN}$$

$$M_s = 634,98 \text{ kNm}$$

2. Akibat Beban Gempa :

$W_{eq} = 25,05 \text{ kN}$

$M_{eq} = 48,84 \text{ kNm}$

Beban bagian struktur atas *headstock* :

Beban bagian struktur atas terdiri dari berat sendiri, beban lajur “D”, beban pedestrian, beban angin, dan beban gempa. Masing-masing beban dibagi dengan jumlah *PCI* girder yaitu 6 buah. Rekap beban struktur atas *headstock* dapat dilihat pada **Tabel 5.28**.

Tabel 5.28 Beban Struktur Atas *Headstock*

Beban	V_u (kN)	M_u (kNm)
Berat Sendiri	856,59	4282,94
Beban Lajur "D"	731,28	3656,42
Beban pedestrian	62,64	313,21
Beban Angin	7,70	38,51
Beban Gempa	247,29	1236,44

Kombinasi Beban pada *Headstock*

Direncanakan menggunakan 2 kombinasi beban. Beban-beban yang bekerja pada masing-masing kombinasi dapat dilihat pada **Tabel 5.29** dan **Tabel 5.30**.

Tabel 5.29 Kombinasi 1 Pembebanan pada *Headstock* (Pilar 1)

No	Jenis Beban	V_u (kN)	M_u (kNm)
1	Berat Sendiri	856,59	4282,94
		325,62	634,98
2	Beban Lajur "D"	731,28	3656,42
3	Beban pedestrian	62,64	313,21

4	Beban Angin	7,70	38,51
Σ		1983,83	8926,05

Tabel 5.30 Kombinasi 2 Pembebanan pada *Headstock* (Pilar 1)

No	Jenis Beban	Vu (kN)	Mu (kNm)
1	Berat Sendiri	856,59	4282,94
		325,62	634,98
2	Beban Gempa	247,29	1236,44
		25,05	48,84
Σ		1454,54	6203,19

Didapatkan momen *ultimate* (Mu) = 8926,05 kNm dan gaya geser *ultimate* (Vu) = 1983,83 kN

Tulangan Lentur

$$Mu = 8926,05 \text{ kNm}$$

$$h = 1100 \text{ mm}$$

$$Es = 200000$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,028$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 0,004$$

$$Mn = Mu/\phi = 11157,57 \text{ kNm}$$

$$Rn = Mn/(b \cdot d^2) = 5,515$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f_c}} \right) = 0,017$$

$$\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}, \text{ maka digunakan } \rho_{\text{perlu}}$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 39785,35 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As}{\pi/4 \cdot D^2} = 81,05 \text{ buah}$$

$$\text{Digunakan tulangan } 82 \text{ D25 mm, } As = 40251,66 \text{ mm}^2$$

Untuk menjamin daktilitas struktur, maka rasio tulangan tekan diambil, $\rho' = 0,5 \times \rho$

$$\rho' = 0,00836$$

$$As' = \rho' \cdot b \cdot d = 19892,68 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As'}{\pi/4 \cdot D^2} = 70,16 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan 71 D19 mm, $As' = 20130,54 \text{ mm}^2$

Tulangan Geser

$$V_u = 1983,83 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,8$$

$$V_c = 1/6 \cdot (\sqrt{f_c'}) \cdot b \cdot d \cdot 10^{-3} = 1979,36 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 1583,49 \text{ kN}$$

$V_u > \phi V_c$, maka perlu tulangan geser.

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 400,34 \text{ kN}$$

$$V_s = 500,43 \text{ kN}$$

Diameter tulangan yang digunakan (D) = 13 mm, n = 6 buah

$$A_v = n \cdot \pi/4 \cdot D^2 = 796,39 \text{ mm}^2$$

$$s = A_v \cdot f_y \cdot d / V_s = 527,56 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan sengkang, 6 D13 mm – 300 mm.

5.1.2 Pilar 2

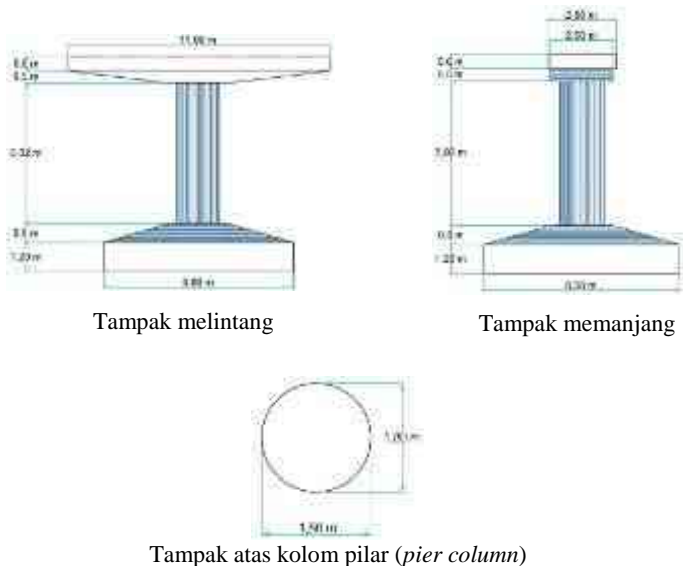
A. Data Perencanaan

Dalam perhitungan struktur pilar jembatan dibutuhkan data-data perencanaan yaitu dari struktur atas dan struktur bawah. Perencanaan struktur atas jembatan dan struktur bawah jembatan ditampilkan pada **Gambar 5.23** dan **Gambar 5.22**. Berikut adalah data perencanaan untuk perhitungan struktur pilar jembatan :

a. Struktur Atas :

Balok *girder* yang menumpu pada pilar 2 ini adalah balok *girder PCI I-160 cm* dan balok *girder PCI I-125 cm*. Untuk data lainnya pada perencanaan struktur atas pilar 2 ini sama dengan data perencanaan struktur atas pada pilar 1 (**Gambar 5.22**).

b. Struktur Bawah :

**Gambar 5.22** Struktur Bawah Jembatan*Headstock:*

- Tebal atas (h_1) = 0,6 m
- Tebal bawah (h_2) = 0,5 m
- Panjang = 11 m
- Lebar = 2,8 m

Kolom Pilar (Pier Column)

- Diameter kolom (D) = 1,8 m
- Tinggi kolom (L_c) = 5,9 m

Pile-cap

- Tebal (h_t) = 2 m
- Panjang (B_x) = 8 m
- Lebar (B_y) = 8 m

Tanah Dasar Pile-cap

- Berat volume (V_t) = 16,291 kN/m³

- Sudut geser (ϕ) = 0°
- Kohesi (c) = 15,64 kPa

B. Pembebanan

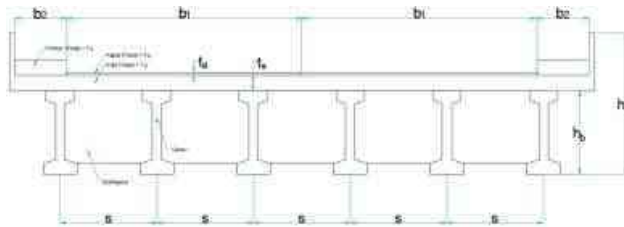
Perhitungan pembebanan berdasarkan pada RSNI T-02-2005 (Standar Pembebanan untuk Jembatan). Berikut ini adalah hasil perhitungan pembebanan untuk pilar jembatan.

1. Berat Sendiri

Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural ditambah dengan elemen non-struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap. Berat sendiri dibedakan menjadi 2 macam, yaitu berat sendiri struktur atas dan struktur bawah.

1.1 Berat Sendiri Struktur Atas

Sketsa pembebanan struktur atas jembatan dapat dilihat pada **Gambar 5.23**.



Gambar 5.23 Berat Sendiri Struktur Atas Jembatan

Beban akibat berat sendiri struktur atas terdiri dari *slab*, balok prategang (*PCI H-125 cm*), balok prategang (*PCI H-160 cm*) dan balok melintang (diafragma). Hasil perhitungan pembebanan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Berat balok prategang (*PCI H-125 cm*):

- Panjang balok prategang, $L = 8,5 \text{ m}$
- Luas penampang, $A = 0,317 \text{ m}^2$
- $W_{\text{balok}} = A \times L \times W_c$
 $= 0,317 \text{ m}^2 \times 8,5 \text{ m} \times 25,5 \text{ kN/m}^3$
 $= 68,64 \text{ kN}$
- $Q_{\text{balok}} = W_{\text{balok}} / L$

$$= 68,64 \text{ kN} / 8,5 \text{ m}$$

$$= 8,08 \text{ kN/m}$$

Berat balok prategang (*PCI H-160* cm):

- Panjang balok prategang, $L = 13 \text{ m}$
- Luas penampang, $A = 0,4773 \text{ m}^2$
- $W_{\text{balok}} = A \times L \times W_c$
 $= 0,4773 \text{ m}^2 \times 13 \text{ m} \times 25,5 \text{ kN/m}^3$
 $= 158,22 \text{ kN}$
- $Q_{\text{balok}} = W_{\text{balok}} / L$
 $= 158,22 \text{ kN} / 13 \text{ m}$
 $= 12,17 \text{ kN/m}$

Tabel 5.31 Perhitungan Pembebanan Berat Sendiri Struktur Atas

Beban	Parameter Volume				Berat	Satuan	Berat (kN)
	b (m)	t (m)	L (m)	n			
<i>Slab</i>	9	0,2	21,5	1	25,00	kN/m ³	967,50
Perkerasan Aspal	9	0,1	21,5	1	22,00	kN/m ³	425,70
Balok Prategang <i>PCI H-125</i> cm	-	-	8,5	6	8,08	kN/m	411,87
Balok Prategang <i>PCI H-160</i> cm	-	-	13	6	12,17	kN/m	949,35
Balok Melintang (Diafragma)	-	-	21,5	5	2,846	kN	305,95
Total berat sendiri struktur atas, $P_{ms} =$							3060,36

Letak titik berat struktur atas terhadap pondasi:

$$z_a = h_t + L_c + h_1 + h_2 + h_a/2$$

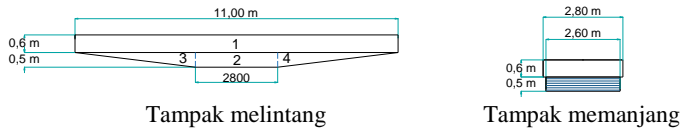
$$= 10,27 \text{ m}$$

1.2 Berat Sendiri Struktur Bawah

Beban akibat berat sendiri struktur bawah adalah berat sendiri dari pilar. Pada struktur pilar sendiri dibagi 3 bagian, yaitu *headstock*, *pier column*, dan *pilecap*.

a. Berat *Headstock*

Pembebanan dan perhitungan dari *headstock* ditampilkan pada **Gambar 5.24** dan **Tabel 5.32**.



Gambar 5.24 Pembebanan *Headstock*

Tabel 5.32 Perhitungan Berat *Headstock*

No	A (m ²)	h (m)	V (m ³)	Wc (kN/m ³)	Berat (kN)	y (m)	M (kNm)
1	30,8	0,6	18,48	25	462	0,8	369,6
2	7,28	0,5	3,64	25	91	0,25	22,75
3	1,03	2,6	2,67	25	66,63	0,33	22,21
4	1,03	2,6	2,67	25	66,63	0,33	22,21
				W_h	686,25	M_h	436,77

Letak titik berat terhadap alas:

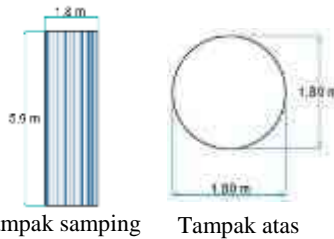
$$\begin{aligned}
 y_h &= M_h / W_h \\
 &= 436,77 \text{ kN.m} / 686,25 \text{ m} \\
 &= 0,636 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Letak titik berat terhadap dasar fondasi:

$$\begin{aligned}
 z_h &= y_h + L_c + h_t \\
 &= 0,636 \text{ m} + 5,9 \text{ m} + 2 \text{ m} \\
 &= 8,556 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Berat *Pier Column*

Perencanaan struktur *pier column* ditampilkan pada **Gambar 5.25**.



Gambar 5.25 Perencanaan Struktur *Pier Column*

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang kolom pilar } (A_c) &= 1/4 \times \pi \times (1,8 \text{ m})^2 \\ &= 2,54 \text{ m}^2\end{aligned}$$

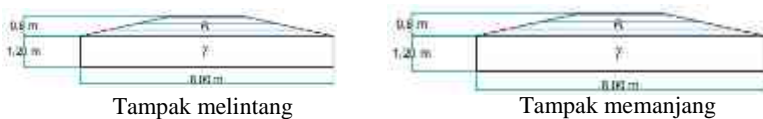
$$\begin{aligned}\text{Berat kolom pilar } (W_c) &= 2,54 \text{ m}^2 \times 5,9 \text{ m} \times \\ &\quad 25 \text{ kN/m}^3 \\ &= 376,61 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\text{Letak titik berat terhadap alas } (y_c) = 5,9 \text{ m} / 2 = 2,96 \text{ m}$$

$$\text{Letak titik berat terhadap dasar fondasi } (z_c) = 2,96 \text{ m} + 2 \text{ m} = 4,96 \text{ m}$$

c. Berat *Pilecap*

Pembebanan dan perhitungan dari *pilecap* ditampilkan pada **Gambar 5.26** dan **Tabel 5.33**.



Gambar 5.26 Pembebanan *Pilecap*

Tabel 5.33 Perhitungan Berat *Pilecap*

No	A (m ²)	h (m)	V (m ³)	Wc (kN/m ³)	Berat (kN)	y (m)	M (kNm)
6	64	0,8	17,07	25	426,67	1,47	625,78
7	64	1,2	76,80	25	1920,00	0,6	1152,00

	W_{pc}	2346,67	M_{pc}	1777,78
--	----------	---------	----------	---------

Letak titik berat terhadap alas:

$$\begin{aligned} y_{pc} &= M_{pc} / W_{pc} \\ &= 2777,78 \text{ kN.m} / 3666,67 \text{ kN} \\ &= 0,76 \text{ m} \end{aligned}$$

Letak titik berat terhadap dasar fondasi:

$$\begin{aligned} z_{pc} &= y_{pc} \\ &= 0,76 \text{ m} \end{aligned}$$

Rekap berat sendiri struktur bawah ditampilkan pada **Tabel 5.34**.

Tabel 5.34 Perhitungan Berat Sendiri Struktur Bawah

No	Jenis Konstruksi	Berat (kN)
1	<i>Headstock</i> (W_h)	686,25
2	<i>Pier Column</i> (W_c)	376,61
3	<i>Pilecap</i> (W_p)	2346,67
Total berat sendiri struktur bawah P_{MS}		3409,53

2. Beban Lajur “D”

Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT). Beban Terbagi Rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut:

$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa}$$

$$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 \times (0,5 + 15/L) \text{ kPa}$$

$$L = 26 \text{ m, maka } q = 9,0 \text{ kPa}$$

Untuk perhitungan Beban Terbagi Rata (BTR) digunakan nilai $q = 9,0$ kPa. Besarnya beban akibat Beban Terbagi Rata (BTR) pada pilar sebagai berikut:

$$P_{BTR} = [5,5 \text{ m} \times q] + [2 \times 1/2(b - 5,5) \text{ m} \times 1/2 \times q] \times L$$

$$P_{BTR} = 0,5 \times q \times (5,5 \text{ m} + b) \times L$$

$$P_{BTR} = 0,5 \times 9 \text{ kPa} \times (5,5 \text{ m} + 9 \text{ m}) \times 21,5 \text{ m}$$

$$P_{BTR} = 1402,88 \text{ kN}$$

Untuk perhitungan Beban Garis Terpusat (BGT) digunakan intensitas p kN/m. Besarnya intensitas p adalah 49 kN/m. Beban Garis Terpusat (BGT) ini harus dikalikan dengan faktor *Dynamic Load Allowance* (DLA). Nilai DLA yang digunakan dalam perhitungan adalah 0,4. Besarnya beban akibat Beban Garis Terpusat (BGT) pada pilar sebagai berikut:

$$P_{BGT} = 0,5 \times P \times (1+DLA) \times (5,5 \text{ m} + b)$$

$$P_{BGT} = 0,5 \times 49 \text{ kN/m} \times (1+0,4) \times (5,5 \text{ m} + 9 \text{ m})$$

$$P_{BGT} = 497,35 \text{ kN}$$

Sehingga, besar total beban lajur “D” adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{TD} &= P_{BTR} + P_{BGT} \\ &= 1402,88 \text{ kN} + 497,35 \text{ kN} \\ &= 1900,23 \text{ kN} \end{aligned}$$

3. Beban Pejalan Kaki

Jembatan jalan raya direncanakan dapat memikul beban hidup merata pada trotoar yang besarnya tergantung pada luasan bidang trotoar yang dibebani. Persamaan hubungan antara luasan bidang trotoar dengan beban merata pejalan kaki sebagai berikut:

$$\text{Untuk } A \leq 10 \text{ m}^2 \quad : q = 5 \text{ kPa}$$

$$\text{Untuk } 10 \text{ m}^2 < A \leq 100 \text{ m}^2 \quad : q = 5 - 0,033 \times (A - 10) \text{ kPa}$$

$$\text{Untuk } A > 100 \text{ m}^2 \quad : q = 2 \text{ kPa}$$

A = Luas bidang trotoar yang dibebani pejalan kaki (m^2)

q = Beban hidup merata pada trotoar (kPa)

- Panjang bentang (L) = 21,5 m
- Lebar trotoar (b_2) = 1 m
- Jumlah trotoar (n) = 2
- Luas bidang trotoar yang didukung *pier* (A) = 43 m^2

Beban merata pada pejalan kaki:

$$\begin{aligned} q &= 5 - 0,033 \times (A - 10) \text{ kPa} \\ &= 5 - 0,033 \times (43 \text{ m}^2 - 10) \\ &= 3,91 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Beban pada *pier* akibat pejalan kaki:

$$P_{TP} = A \times q$$

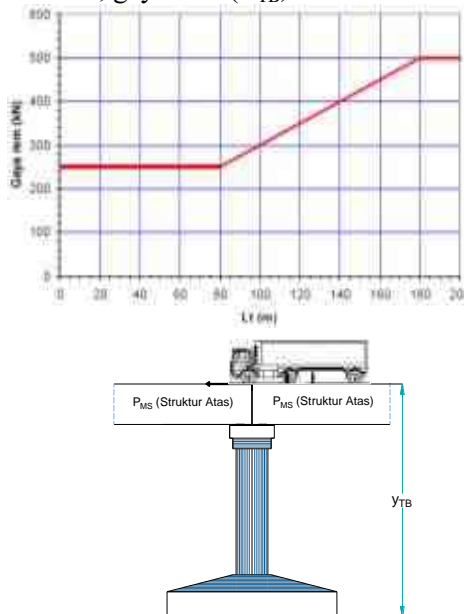
$$= 43 \text{ m}^2 \times 3,91 \text{ kPa}$$

$$= 168,17 \text{ kN}$$

4. Gaya Rem (T_B)

Pengaruh gaya rem dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem tersebut tergantung pada panjang total jembatan yang dibebani lalu lintas. Hubungan antara besarnya gaya rem dan panjang total jembatan digambarkan seperti pada **Gambar 5.27**, atau dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

- $L_t \leq 80 \text{ m}$, gaya rem (T_{TB}) = 250 kN
- $80 \text{ m} < L_t < 180 \text{ m}$, gaya rem (T_{TB}) = $250 + 2,5 \times (L_t - 80) \text{ kN}$
- Untuk $L_t \geq 180 \text{ m}$, gaya rem (T_{TB}) = 500 kN



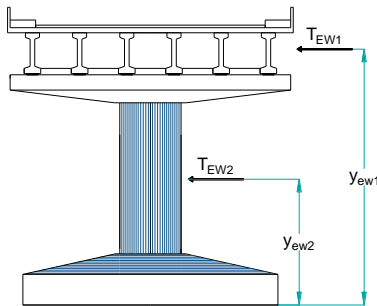
Gambar 5.27 Pengaruh Gaya Rem pada Bentang Jembatan

- Untuk $L_t = 21,5 \text{ m}$, maka pengaruh gaya rem sebesar 250 kN

- Gaya rem pada *pier* (untuk 2 jalur lalu lintas) = $2 \times 250 \text{ kN}$
= 500 kN
- Lengan terhadap Fondasi (Y_{TB}) = 11 m
- Momen pada Fondasi akibat gaya rem (M_{TB}) = $500 \text{ kN} \times 11 \text{ m}$
= 5500 kN.m
- Lengan terhadap dasar *Pier Column* (Y'_{TB}) = 9 m
- Momen pada *Pier Column* akibat gaya rem (M'_{TB}) = $500 \text{ kN} \times 9 \text{ m}$
= 4500 kN.m

5. Beban Angin

5.1 Beban Angin Arah Y (Melintang Jembatan)



Gambar 5.28 Beban Angin Arah Y (Melintang Jembatan)

Gaya akibat angin dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$T_{EW} = 0,0006 \times C_W \times (V_W)^2 \times A_b \text{ kN}$$

C_W = Koefisien seret

V_W = Kecepatan angin rencana (m/det)

A_b = Luas bidang samping jembatan (m^2)

$C_W = 1,25$

$V_W = 35 \text{ m/det}$

Panjang bentang (L) = 21,5 m

Tinggi bidang samping atas (h_a) = 2,50 m

Tinggi bidang samping kendaraan (h_k) = 2,00 m

$A_{bl} = L \times (h_a + h_k)$

= $21,5 \text{ m} \times (2,50 \text{ m} + 2,00 \text{ m})$

$$= 96,75 \text{ m}^2$$

Beban angin pada struktur atas :

$$\begin{aligned} T_{EW1} &= 0,0006 \times C_w \times (v_w)^2 \times A_{b1} \\ &= 0,0006 \times 1,25 \times (30 \text{ m/det})^2 \times 96,75 \text{ m}^2 \\ &= 65,31 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lengan terhadap Fondasi :

$$\begin{aligned} Y_{EW1} &= h_t + L_c + h_1 + h_2 + h_a/2 \\ &= 2\text{m} + 5,9\text{m} + 0,6\text{m} + 0,5\text{m} + (2,5\text{m} / 2) \\ &= 10,27 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pada Fondasi akibat angin atas :

$$\begin{aligned} M_{EW1} &= T_{EW1} \times Y_{EW1} \\ &= 65,31 \text{ kN} \times 10,27 \text{ m} \\ &= 670,70 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Lengan terhadap dasar *Pier Column* :

$$\begin{aligned} Y'_{EW1} &= L_c + h_1 + h_2 + h_a/2 \\ &= 5,9 \text{ m} + 0,6 \text{ m} + 0,5 \text{ m} + (2,5 \text{ m} / 2) \\ &= 8,27 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pada *Pier Column* akibat angin atas :

$$\begin{aligned} M'_{EW1} &= T_{EW1} \times Y'_{EW1} \\ &= 65,31 \text{ kN} \times 8,27 \text{ m} \\ &= 540,08 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Tinggi bidang samping struktur bawah :

$$L_c + a = L_c + h_1 + h_2 = 7,02 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A_{b2} &= \pi \times D \times (L_c + a) \\ &= \pi \times 1,8 \text{ m} \times 7,02 \text{ m} \\ &= 39,70 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Beban angin pada struktur bawah :

$$\begin{aligned} T_{EW2} &= 0,0006 \times C_w \times (v_w)^2 \times A_{b2} \\ &= 0,0006 \times 1,25 \times (30 \text{ m/det})^2 \times 39,70 \text{ m}^2 \\ &= 26,80 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lengan terhadap Fondasi :

$$\begin{aligned} Y_{EW2} &= h_t + (L_c + a)/2 \\ &= 2 \text{ m} + 7,02 \text{ m} / 2 \\ &= 5,51 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pada Fondasi akibat angin bawah :

$$\begin{aligned} M_{EW2} &= T_{EW2} \times Y_{EW2} \\ &= 26,80 \text{ kN} \times 5,51 \text{ m} \\ &= 147,64 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Lengan terhadap dasar *Pier Column* :

$$\begin{aligned} Y'_{EW2} &= (L_c + a)/2 \\ &= 7,02 \text{ m} / 2 \\ &= 3,51 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pada *Pier Column* akibat angin bawah :

$$\begin{aligned} M'_{EW2} &= T_{EW2} \times Y'_{EW2} \\ &= 26,80 \text{ kN} \times 3,51 \text{ m} \\ &= 94,05 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Total gaya akibat beban angin :

$$\begin{aligned} T_{EW} &= T_{EW1} + T_{EW2} \\ &= 65,31 \text{ kN} + 26,80 \text{ kN} \\ &= 92,10 \text{ kN} \end{aligned}$$

Total momen pada Fondasi akibat beban angin :

$$\begin{aligned} M_{EW} &= M_{EW1} + M_{EW2} \\ &= 670,70 \text{ kN.m} + 147,64 \text{ kN.m} \\ &= 818,34 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Total momen pada *Pier Column* akibat beban angin :

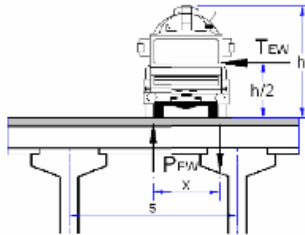
$$\begin{aligned} M'_{EW} &= M'_{EW1} + M'_{EW2} \\ &= 540,08 \text{ kN.m} + 94,05 \text{ kN.m} \\ &= 634,14 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Beban garis merata tambahan arah horisontal pada permukaan lantai jembatan akibat beban angin yang meniup kendaraan di atas lantai jembatan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_w \times (v_w)^2 \text{ kN/m}, C_w = 1,2$$

$$T_{EW} = 0,0012 \times 1,2 \times (30 \text{ m/det})^2$$

$$T_{EW} = 1,296 \text{ kN/m}$$



Gambar 5.29 Gaya Angin yang Meniup Bidang Samping Kendaraan

Bidang vertikal yang ditiup gaya angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi $h = 2,00$ m di atas lantai jembatan dan jarak antar roda kendaraan $x = 1,75$ m

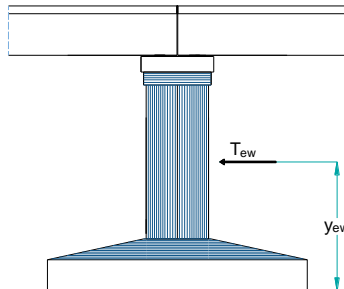
Gaya pada pilar jembatan akibat transfer beban angin ke lantai jembatan:

$$P_{EW} = 2 * [1/2 * h/x * T_{EW}] * L$$

$$P_{EW} = 2 * [1/2 * 2,00\text{m}/1,75\text{m} * 1,296 \text{ kN/m}] * 21,5 \text{ m}$$

$$P_{EW} = 31,84 \text{ kN}$$

5.2 Beban Angin Arah X (Memanjang Jembatan)



Gambar 5.30 Beban Angin Arah X (Memanjang Jembatan)

Ukuran bidang pilar (*pier*) yang ditiup beban angin arah X:

$$\text{Tinggi} : L_c + a = 7,02 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} : \pi \times D = \pi \times 1,8 \text{ m} = 5,65 \text{ m}$$

Luas bidang pilar yang ditiup angin :

$$\begin{aligned}
 A_b &= 2 \times (\pi \times D) \times (L_c + a) \\
 &= 2 \times (5,65 \text{ m}) \times (7,02 \text{ m}) \\
 &= 39,70 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Beban angin pada pilar :

$$\begin{aligned}
 T_{EW} &= 0,0006 \times C_w \times (v_w)^2 \times A_b \\
 &= 0,0006 \times 1,25 \times (30 \text{ m/det})^2 \times 39,70 \text{ m}^2 \\
 &= 26,80 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Lengan terhadap Fondasi :

$$\begin{aligned}
 Y_{EW} &= h_t + (L_c + a)/2 \\
 &= 2 \text{ m} + (7,02 \text{ m}) / 2 \\
 &= 5,51 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Momen pada Fondasi akibat beban angin :

$$\begin{aligned}
 M_{EW} &= T_{EW} \times Y_{EW} \\
 &= 26,80 \text{ kN} \times 5,51 \text{ m} \\
 &= 147,64 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Lengan terhadap *Pier Column* :

$$\begin{aligned}
 Y'_{EW} &= (L_c + a)/2 \\
 &= (7,02 \text{ m}) / 2 \\
 &= 3,51 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Momen pada *Pier Column* akibat beban angin :

$$\begin{aligned}
 M'_{EW} &= T_{EW} \times Y'_{EW} \\
 &= 26,80 \text{ kN} \times 3,51 \text{ m} \\
 &= 94,05 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

6. Pengaruh Temperatur

Untuk memperhitungkan tegangan maupun deformasi struktur yang timbul akibat pengaruh temperatur, diambil perbedaan temperatur yang besarnya setengah dari selisih antara temperatur maksimum dan temperatur minimum rata-rata pada lantai jembatan.

Tabel 5.35 Temperatur Jembatan Rata-Rata Nominal
(sumber: RSNI-T02-2005)

Tipe Bangunan Atas	Temperatur Jembatan Rata-rata Minimum (1)	Temperatur Jembatan Rata-rata Maksimum
Lantai beton di atas gelagar atau boks beton	15°C	40°C
Lantai beton di atas gelagar boks atau rangka baja	15°C	40°C
Lantai pelat baja di atas gelagar, boks atau rangka baja	15°C	45°C
CATATAN (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.		

Tabel 5.36 Koefisien Perpanjangan dan Modulus Elastisitas
(sumber: RSNI-T02-2005)

Bahan	Koefisien Perpanjangan Akibat Suhu	Modulus Elastisitas MPa
Baja	12×10^{-6} per °C	200.000
Beton:		
Kuat tekan <30 MPa	10×10^{-6} per °C	25.000
Kuat tekan >30 MPa	11×10^{-6} per °C	34.000
Aluminium	24×10^{-6} per °C	70.000

Temperatur rata-rata min, (T_{\min}) = 15⁰C

Temperatur rata-rata max, (T_{\max}) = 40⁰C

Perbedaan temperatur, (ΔT) :

$$\begin{aligned}\Delta T &= (T_{\max} - T_{\min})/2 \\ &= (40 - 15) / 2 \\ &= 12,5 \text{ }^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

Koefisien muai panjang untuk beton (α) = 10×10^{-6} per °C

Koefisien geser untuk tumpuan berupa elastomer :

(k) = 1500 kN/m

Panjang bentang girder (L) = 21,5 m

Jumlah tumpuan elastomer (n) = 6 buah

Gaya pada pilar akibat pengaruh temperatur :

$$\begin{aligned}T_{ET} &= \alpha \times \Delta T \times k \times L/2 \times n \\ &= 10^{-5}/^{\circ}\text{C} \times 12,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \times 1500 \text{ kN/m} \times 21,5 \text{ m}/2 \times 6 \\ &= 12,09 \text{ kN}\end{aligned}$$

Lengan terhadap fondasi :

$$\begin{aligned} Y_{ET} &= h_t + L_c + h_1 + h_2 \\ &= 2 \text{ m} + 5,9 \text{ m} + 0,6 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \\ &= 9,02 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pada fondasi akibat temperatur :

$$\begin{aligned} M_{ET} &= T_{ET} \times Y_{ET} \\ &= 12,09 \text{ kN} \times 9,02 \text{ m} \\ &= 109,09 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Lengan terhadap alas *pier column* :

$$\begin{aligned} Y'_{ET} &= Y_{ET} - h_t \\ &= 9,02 \text{ m} - 2 \text{ m} \\ &= 7,02 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pada alas *pier column* akibat temperatur :

$$\begin{aligned} M'_{ET} &= T_{ET} \times Y'_{ET} \\ &= 12,09 \text{ kN} \times 7,02 \text{ m} \\ &= 84,90 \text{ kNm} \end{aligned}$$

7. Beban Gempa

7.1 Beban Gempa Statik Ekuivalen

Beban gempa rencana dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} T_{EQ} &= K_h \times I \times W_t \\ K_h &= C \times S \end{aligned}$$

T_{EQ} = Gaya geser dasar total pada arah yang ditinjau (kN)

K_h = Koefisien beban gempa horisontal

I = Faktor kepentingan

W_t = Berat total jembatan yang berupa berat sendiri struktur atas dan struktur bawah (kN)

C = Koefisien geser dasar untuk wilayah gempa, waktu getar, dan kondisi tanah

S = Faktor tipe struktur yang berhubungan dengan kapasitas penyerapan energi gempa (daktilitas) dari struktur jembatan

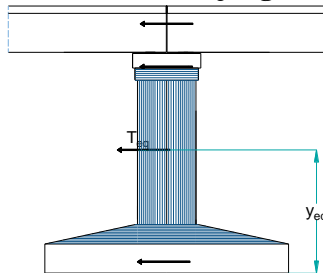
Waktu getar struktur dihitung dengan rumus:

$$T = 2 \times \pi \times \sqrt{[W_t / (g \times K_p)]}$$

- g = Percepatan grafitasi ($9,8 \text{ m/det}^2$)
 K_p = Kekakuan struktur yang merupakan gaya horisontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan (kN/m)

Hubungan antara waktu getar dan koefisien geser dasar untuk kondisi tanah tertentu dan wilayah gempa 4 dapat dilihat pada **Gambar 5.13**

7.2 Beban Gempa Arah X (Memanjang Jembatan)



Gambar 5.31 Beban Gempa Arah X (Memanjang Jembatan)

Luas penampang *Pier Column* :

$$\begin{aligned}
 A &= \pi/4 \times D^2 \\
 &= \pi/4 \times (1,8 \text{ m})^2 \\
 &= 2,54 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Tinggi *Pier Column* :

$$L_c = 5,9 \text{ m}$$

Inersia penampang *Pier Wall* :

$$\begin{aligned}
 I_c &= \pi/64 \times D^4 \\
 &= \pi/64 \times (1,8 \text{ m})^4 \\
 &= 0,52 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

Mutu beton K-300 :

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 0,83 \times K/10 \\
 &= 0,83 \times 300/10 \\
 &= 24,9 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Modulus elastisitas beton :

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \times \sqrt{24,9} \text{ MPa} \\
 &= 23453 \text{ MPa} \\
 &= 23452953 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

Nilai kekakuan *Pier Wall* :

$$\begin{aligned}
 K_p &= 3 \times E_c \times I_c / L_c^3 \\
 &= 3 \times 23452953 \text{ kPa} \times 0,52 \text{ m}^4 / (5,9 \text{ m})^3 \\
 &= 174748,55 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Percepatan grafitasi (g)} : 9,81 \text{ m/det}^2$$

$$\text{Berat sendiri struktur atas (P}_{MS \text{ (Str. Atas)})} : 3060,36 \text{ kN}$$

$$\text{Berat sendiri headstock (P}_{MS \text{ (Headstock)})} : 686,25 \text{ kN}$$

$$\text{Setengah dari Berat Pier Column} :$$

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{2} \times P_{MS \text{ (Pier Column)}} &= \frac{1}{2} \times 376,61 \text{ kN} \\
 &= 188,31 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat total struktur (W}_t) : 3934,92 \text{ kN}$$

$$\text{Waktu getar alami struktur (T)} :$$

$$\begin{aligned}
 T &= 2 \times \pi \times \sqrt{[W_t / (g \times K_p)]} \\
 &= 2 \times \pi \times \sqrt{[3934,92 \text{ kN} / (9,81 \text{ m/det}^2 \times 174748,55 \text{ kN/m})]} \\
 &= 0,30103 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Kondisi tanah dasar termasuk tanah lunak dan lokasi jembatan berada di wilayah gempa 4. Dari kurva koefisien geser dasar pada **Gambar 5.13** didapatkan nilai koefisien geser dasar (C) = 0,15. Untuk jembatan dengan sendi plastis beton bertulang, faktor jenis struktur dihitung dengan rumus:

$$S = 1,0 \times F$$

$$\text{Nilai } F = 1,25 - 0,025 \times n \text{ dan } F \text{ harus diambil } \geq 1.$$

Dimana:

F = Faktor perangkaan

n = Jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral

Untuk n = 1, maka:

$$\begin{aligned}
 F &= 1,25 - 0,025 \times n \\
 &= 1,25 - 0,025 \times 1 \\
 &= 1,225
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= 1,0 \times F \\
 &= 1,0 \times 1,225
 \end{aligned}$$

$$= 1,225$$

Nilai koefisien beban gempa horisontal:

$$K_h = C \times S$$

$$= 0,15 \times 1,225$$

$$= 0,18$$

Dalam RSNI T-02-2005 Pasal 7.7.3 untuk jembatan yang memuat > 2000 kendaraan/hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri dan jembatan dimana terdapat route alternatif diambil nilai faktor kepentingan (I) = 1,0

$$\begin{aligned} \text{Gaya gempa : } T_{EQ} &= K_h \times I \times W_t \\ &= 0,18 \times 1,0 \times W_t \text{ kN} \\ &= 0,18 \times W_t \end{aligned}$$

Distribusi beban gempa pada pilar adalah sebagai berikut:

Tabel 5.37 Perhitungan Beban Gempa arah x (memanjang) pada Pilar 2

No	Jenis beban	W (kN)	Teq (kN)	y (m)	Momen (kNm)
1	berat sendiri struktur atas	3060,36	562,34	10,27	5775,25
2	berat sendiri <i>headstock</i>	686,25	126,10	8,56	1078,96
3	berat sendiri <i>pier column</i>	376,61	69,20	4,96	343,25
4	berat sendiri <i>pilecap</i>	2346,67	431,20	0,76	326,67
		Σ	1188,84		7524,12

Lengan terhadap Fondasi :

$$\begin{aligned} Y_{EQ} &= M_{EQ}/T_{EQ} \\ &= 7524,12 \text{ kN.m} / 1188,84 \text{ kN} \\ &= 6,33 \text{ m} \end{aligned}$$

Lengan terhadap *Pier Column* :

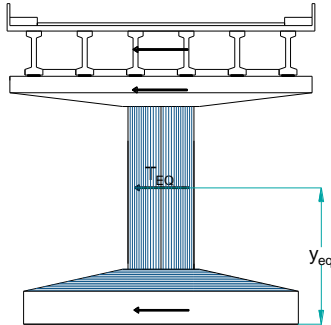
$$\begin{aligned} Y'_{EQ} &= Y_{EQ} - h_t \\ &= 6,33 \text{ m} - 2 \text{ m} \\ &= 4,33 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pada *Pier Column* akibat beban gempa :

$$M'_{EQ} = T_{EQ} \times Y'_{EQ}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1188,84 \text{ kN} \times 4,33 \text{ m} \\
 &= 5146,43 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

7.3 Beban Gempa Arah Y (Melintang Jembatan)



Gambar 5.32 Beban Gempa Arah Y (Melintang Jembatan)

Inersia penampang *Pier Column* :

$$\begin{aligned}
 I_c &= \pi/64 \times D^4 \\
 &= \pi/64 \times (1,8 \text{ m})^4 \\
 &= 0,52 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

Nilai kekakuan *Pier Wall* :

$$\begin{aligned}
 K_p &= 3 \times E_c \times I_c / L_c^3 \\
 &= 3 \times 23452953 \text{ kPa} \times 0,52 \text{ m}^4 / (5,9 \text{ m})^3 \\
 &= 174748,55 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Waktu getar alami struktur (T) :

$$\begin{aligned}
 T &= 2 \times \pi \times \sqrt{[W_t / (g \times K_p)]} \\
 &= 2 \times \pi \times \sqrt{[3934,92 \text{ kN} / (9,81 \text{ m/det}^2 \times 174748,55 \text{ kN/m})]} \\
 &= 0,30103 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Dari kurva koefisien geser dasar pada **Gambar 5.11** didapatkan nilai koefisien geser dasar (C) = 0,15

Faktor tipe struktur :

$$\begin{aligned}
 S &= 1,0 \times F \\
 &= 1,0 \times 1,225 \\
 &= 1,225
 \end{aligned}$$

Faktor kepentingan :

$$I = 1,0$$

Koefisien beban gempa horisontal :

$$\begin{aligned} K_h &= C \times S \\ &= 0,15 \times 1,225 \\ &= 0,18 \end{aligned}$$

Gaya gempa :

$$\begin{aligned} T_{EQ} &= K_h \times I \times W_t \\ &= 0,18 \times 1,0 \times W_t \\ &= 0,18 \times W_t \end{aligned}$$

Distribusi beban gempa pada pilar adalah sebagai berikut:

Tabel 5.38 Perhitungan Beban Gempa arah y (melintang) pada Pilar 2

No	Jenis beban	W (kN)	Teq (kN)	y (m)	Momen (kNm)
1	berat sendiri struktur atas	3060,36	562,34	10,27	5775,25
2	berat sendiri <i>headstock</i>	686,25	126,10	8,56	1078,96
3	berat sendiri <i>pier column</i>	376,61	69,20	4,96	343,25
4	berat sendiri <i>pilecap</i>	2346,67	431,20	0,76	326,67
		Σ	1188,84		7524,12

Lengan terhadap Fondasi :

$$\begin{aligned} Y_{EQ} &= M_{EQ}/T_{EQ} \\ &= 7524,12 \text{ kN.m} / 1188,84 \text{ kN} \\ &= 6,33 \text{ m} \end{aligned}$$

Lengan terhadap *Pier Column* :

$$\begin{aligned} Y'_{EQ} &= Y_{EQ} - h_t \\ &= 6,33 \text{ m} - 2 \text{ m} \\ &= 4,33 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pada *Pier Column* akibat beban gempa :

$$\begin{aligned} M'_{EQ} &= T_{EQ} \times Y'_{EQ} \\ &= 1188,84 \text{ kN} \times 4,33 \text{ m} \\ &= 5146,43 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

8. Gesekan pada Perletakan

Gaya gesek yang timbul hanya ditinjau terhadap beban berat sendiri struktur atas. Koefisien gesek pada tumpuan yang berupa elastomer (μ): 0,01.

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri struktur atas (P}_{MS}) &= 3060,36 \text{ kN} \\ \text{Reaksi pilar akibat beban tetap (P}_T) &= 3060,36 \text{ kN} \\ \text{Gaya gesek pada perletakan (T}_{FB}) &= \mu \times P_T \\ &= 0,01 \times 3060,36 \text{ kN} \\ &= 30,60 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Lengan terhadap fondasi (Y}_{FB}) = 9,02 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen pada fondasi akibat gesekan (M}_{FB}) &= T_{FB} \times Y_{FB} \\ &= 30,60 \text{ kN} \times 9,02 \text{ m} \\ &= 276,04 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\text{Lengan terhadap } pier \text{ column (Y'}_{FB}) = 7,02 \text{ m}$$

Momen pada *pier column* akibat gesekan (M'_{FB}) :

$$\begin{aligned} M'_{FB} &= T_{FB} \times Y'_{FB} \\ &= 30,60 \text{ kN} \times 7,02 \text{ m} \\ &= 214,84 \text{ kNm} \end{aligned}$$

9. Kombinasi Beban Kerja

Rekap dari beban kerja pada pilar 2 ditampilkan pada **Tabel 5.39**. Kombinasi pembebanan yang bekerja pada pilar 2 dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Rekap kombinasi pembebanan yang bekerja pada pilar 2 dapat dilihat pada **Tabel 5.40**.

Tabel 5.39 Rekap Beban Kerja pada Pilar

No	Beban	kode	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	Berat sendiri	MS	6469,89				
2	Beban lajur "D"	TD	1900,23				

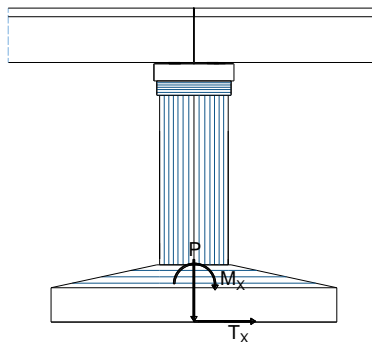
3	Beban pejalan kaki	TP	168,17				
4	Gaya rem	TB		500,00		5500,00	
5	Pengaruh Temperatur	ET		12,09		109,09	
6	Gaya Gesek	FB		30,60		276,04	
7	Beban angin	EW	31,84	26,80	92,10	147,64	818,34
8	Beban gempa	EQ		1188,84	1188,84	7524,12	7524,12

Tabel 5.40 Rekap Kombinasi Pembebanan untuk Perencanaan Tegangan Kerja

No	Kombinasi Beban	Tegangan berlebihan	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Kombinasi 1	0%	8538,29	500,00	0,00	5500,00	0,00
2	Kombinasi 2	25%	8538,29	542,70	0,00	5885,13	0,00
3	Kombinasi 3	25%	8570,14	557,40	92,10	5923,69	818,34
4	Kombinasi 4	40%	8570,14	569,49	92,10	6032,77	818,34
5	Kombinasi 5	50%	6469,89	1188,84	1188,84	7524,12	7524,12
6	Kombinasi 6	30%	6469,89	0,00	0,00	0,00	0,00
7	Kombinasi 7	50%	8538,29	530,60	0,00	5776,04	0,00

10. Kontrol Stabilitas Guling

10.1 Stabilitas Guling Arah Memanjang Jembatan



Gambar 5.33 Stabilitas Guling Arah Memanjang Jembatan

Letak titik guling (ujung fondasi) terhadap pusat fondasi adalah $B_x/2 = 8 \text{ m} / 2 = 4 \text{ m}$. Momen penahan guling didapatkan dari rumus berikut:

$$M_p = P * (B_x / 2) * (1 + k)$$

k = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_x = Momen penyebab guling

Angka aman terhadap guling:

$$SF = M_p / M_x$$

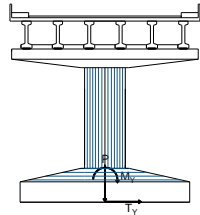
$$SF \geq 2,2$$

Berikut adalah rekap dari perhitungan angka keamanan terhadap guling arah memanjang jembatan:

Tabel 5.41 Hasil Perhitungan SF dari Guling Arah Memanjang Jembatan

No	Kombinasi Beban	k	P (kN)	M_x (kNm)	M_p (kNm)	SF	Ket
1	Kombinasi 1	0%	8538,29	5500,00	34153,17	6,21	OK
2	Kombinasi 2	25%	8538,29	5885,13	42691,46	7,25	OK
3	Kombinasi 3	25%	8570,14	5923,69	42850,68	7,23	OK
4	Kombinasi 4	40%	8570,14	6032,77	47992,76	7,96	OK
5	Kombinasi 5	50%	6469,89	7524,12	38819,36	5,16	OK
6	Kombinasi 6	30%	6469,89	0,00	33643,45		
7	Kombinasi 7	50%	8538,29	5776,04	51229,75	8,87	OK

10.2 tabilitas Guling Arah Melintang Jembatan



Gambar 5.34 Stabilitas Guling Arah Melintang Jembatan

Letak titik guling (ujung fondasi) terhadap pusat fondasi adalah $B_y/2 = 8 \text{ m} / 2 = 4 \text{ m}$. Momen penahan guling didapatkan dari rumus berikut:

$$M_p = P \cdot (B_y / 2) \cdot (1 + k)$$

k = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_y = Momen penyebab guling

Angka aman terhadap guling:

$$SF = M_p / M_y$$

$$SF \geq 2,2$$

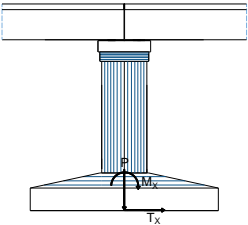
Berikut adalah rekap dari perhitungan angka keamanan terhadap guling arah melintang jembatan:

Tabel 5.42 Hasil Perhitungan SF dari Guling Arah Melintang Jembatan

No	Kombinasi Beban	k	P (kN)	My (kNm)	Mp (kNm)	SF	Ket
1	Kombinasi 1	0%	8538,29	0,00	34153,17		
2	Kombinasi 2	25%	8538,29	0,00	42691,46		
3	Kombinasi 3	25%	8570,14	818,34	42850,68	52,36	OK
4	Kombinasi 4	40%	8570,14	818,34	47992,76	58,65	OK
5	Kombinasi 5	50%	6469,89	7524,12	38819,36	5,16	OK
6	Kombinasi 6	30%	6469,89	0,00	33643,45		
7	Kombinasi 7	50%	8538,29	0,00	51229,75		

11. Kontrol Stabilitas Geser

11.1 Stabilitas Geser Arah Memanjang Jembatan



Gambar 5.35 Stabilitas Geser Arah Memanjang Jembatan

Parameter tanah dasar *Pilecap* :

Sudut geser tanah (ϕ) = 0°

Kohesi (c) = 15,64 kPa

Ukuran dasar *Pilecap* = $B_x = 8 \text{ m}$

$B_y = 8 \text{ m}$

Gaya penahan geser :

$$H = (c * B_x * B_y + P * \tan \phi) * (1 + k)$$

k = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_y = Momen penyebab guling

Angka aman terhadap guling :

$$SF = H / T_x$$

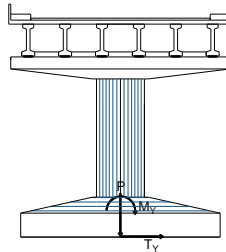
$$SF \geq 1,1$$

Berikut adalah rekap dari perhitungan angka keamanan terhadap geser arah memanjang jembatan:

Tabel 5.43 Hasil Perhitungan SF dari Geser Arah Memanjang Jembatan

No	Kombinasi Beban	k	T_x (kN)	P (kN)	H (kN)	SF	Ket
1	Kombinasi 1	0%	500,00	8538,29	1000,96	2,00	OK
2	Kombinasi 2	25%	542,70	8538,29	1251,20	2,31	OK
3	Kombinasi 3	25%	557,40	8570,14	1251,20	2,24	OK
4	Kombinasi 4	40%	569,49	8570,14	1401,34	2,46	OK
5	Kombinasi 5	50%	1188,84	6469,89	1501,44	1,26	OK
6	Kombinasi 6	30%	0,00	6469,89	1301,25		
7	Kombinasi 7	50%	530,60	8538,29	1501,44	2,83	OK

11.2 Stabilitas Geser Arah Melintang Jembatan



Gambar 5.36 Stabilitas Geser Arah Melintang Jembatan

Parameter tanah dasar *Pilecap* :

Sudut geser tanah (ϕ) = 0°

Kohesi (c) = 15,64 kPa

Ukuran dasar *Pilecap* = $B_x = 8$ m

$B_y = 8$ m

Gaya penahan geser :

$$H = (c * B_x * B_y + P * \tan \phi) * (1 + k)$$

k = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_y = Momen penyebab guling

Angka aman terhadap guling:

$$SF = H / T_y$$

$$SF \geq 1,1$$

Berikut adalah rekap dari perhitungan angka keamanan terhadap geser arah melintang jembatan:

Tabel 5.44 Hasil Perhitungan SF dari Geser Arah Melintang Jembatan

No	Kombinasi Beban	k	T_y (kN)	P (kN)	H (kN)	SF	Ket
1	Kombinasi 1	0%	0,00	8538,29	1000,96		
2	Kombinasi 2	25%	0,00	8538,29	1251,20		
3	Kombinasi 3	25%	92,10	8570,14	1251,20	13,58	OK

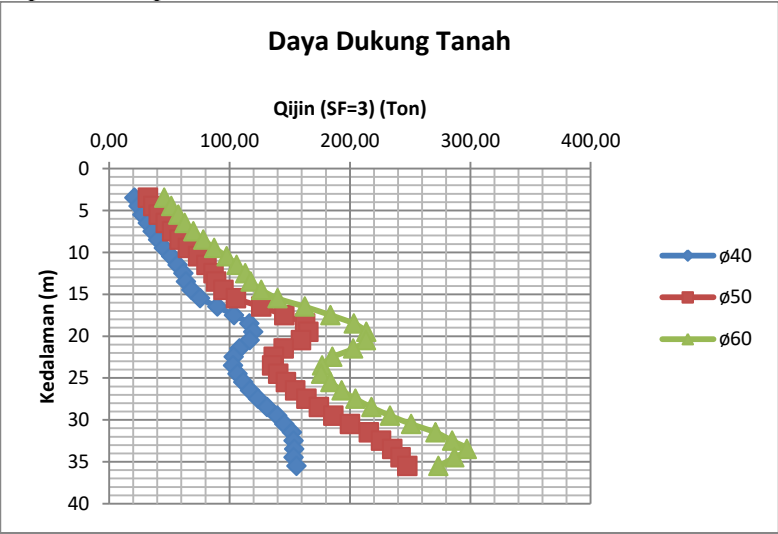
4	Kombinasi 4	40%	92,10	8570,14	1401,34	15,22	OK
5	Kombinasi 5	50%	1188,84	6469,89	1501,44	1,26	OK
6	Kombinasi 6	30%	0,00	6469,89	1301,25		
7	Kombinasi 7	50%	0,00	8538,29	1501,44		

C. Perencanaan Tiang Pancang

Pada Tugas Akhir ini, diameter tiang pancang yang direncanakan adalah diameter 40 cm, 50 cm, dan 60 cm. Berikut adalah perhitungan perencanaan tiang pancang:

a. Daya Dukung Tanah

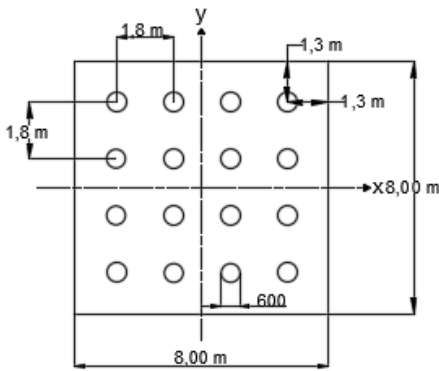
Nilai daya dukung tanah ini didapatkan dari data N-spt dan diameter tiang yang direncanakan. Grafik daya dukung tanah dapat dilihat pada **Gambar 5.37** di bawah ini.



Gambar 5.37 Grafik Daya Dukung Tanah

c. Data Spesifikasi Tiang Pancang dan Dimensi *Pilecap*

Spesifikasi tiang pancang untuk pilar jembatan diambil berdasarkan dari brosur PT. Wika. Spesifikasi tiang pancang



Gambar 5.39 Konfigurasi Tiang Pancang pada Pilar 2

- Jumlah tiang pancang = 16 buah
- n arah x (m) = 4 buah
- n arah y (n) = 4 buah
- $L_{Pilecap}$ arah x = 8 m
- $L_{Pilecap}$ arah y = 8 m
- Jarak antar tiang arah x = 1,8 m
- Jarak antar tiang arah y = 1,8 m
- Jarak tiang ke sisi terluar (s) = 1,3 m

Hasil perhitungan kombinasi tiang pancang untuk setiap diameter tiang pancang yang direncanakan, yaitu D50 dan D60 dapat dilihat pada **Tabel 5.45**.

Tabel 5.45 Hasil Perhitungan Kombinasi Tiang Pancang D50 dan D60

Diameter Tiang Pancang (m)	m	n	Total	S_m (m)	S_n (m)	Jarak Pancang ke Tepi m (m)	Jarak Pancang ke Tepi n (m)
0,5	5	5	25	1,5	1,5	1	1
0,6	4	4	16	1,8	1,8	1,3	1,3

Efisiensi tiang pancang dalam group (μ):

$$\mu = 1 - \frac{\arctan(D/s)}{90^\circ} x \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

$$\mu = 1 - \frac{\arctan(0,6/1,8)}{90^\circ} x \left(2 - \frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right)$$

$$\mu = 0,693$$

$$\begin{aligned} P_{ijin} \text{ 1 tiang dalam group} &= P_{ijin} \times \mu \\ &= 164,148 \text{ ton} \times 0,693 \\ &= 113,71 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$P_{max} = \frac{P}{n} + \frac{M_y * X_{max}}{\sum n X_i^2} + \frac{M_x * Y_{max}}{\sum n Y_i^2}$$

$$P_{min} = \frac{P}{n} - \frac{M_y * X_{max}}{\sum n X_i^2} - \frac{M_x * Y_{max}}{\sum n Y_i^2}$$

Tabel 5.46 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum yang diterima
Satu Tiang Bor D50

No	Kombinasi Beban	P (ton)	Mx (tm)	My (tm)	P/n (ton)	My.x/ $\sum y^2$ (ton)	Mx.y/ $\sum x^2$ (ton)	Pmax (ton)	Pmin (ton)
1	Kombinasi 1	853,83	550,00	0,00	34,15	0,00	14,67	48,82	19,49
2	Kombinasi 2	853,83	588,51	0,00	34,15	0,00	15,69	49,85	18,46
3	Kombinasi 3	857,01	592,37	81,83	34,28	2,18	15,80	52,26	16,30
4	Kombinasi 4	857,01	603,28	81,83	34,28	2,18	16,09	52,55	16,01
5	Kombinasi 5	646,99	752,41	752,41	25,88	20,06	20,06	66,01	-14,25
6	Kombinasi 6	646,99	0,00	0,00	25,88	0,00	0,00	25,88	25,88
7	Kombinasi 7	853,83	577,60	0,00	34,15	0,00	15,40	49,56	18,75

Tabel 5.47 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum yang diterima Satu Tiang Bor D60

No	Kombinasi Beban	P (ton)	Mx (tm)	My (tm)	P/n (ton)	$My.x/\sum y^2$ (ton)	$Mx.y/\sum x^2$ (ton)	Pmax (ton)	Pmin (ton)
1	Kombinasi 1	853,83	550,00	0,00	53,36	0,00	22,92	76,28	30,45
2	Kombinasi 2	853,83	588,51	0,00	53,36	0,00	24,52	77,89	28,84
3	Kombinasi 3	857,01	592,37	81,83	53,56	3,41	24,68	81,66	25,47
4	Kombinasi 4	857,01	603,28	81,83	53,56	3,41	25,14	82,11	25,02
5	Kombinasi 5	646,99	752,41	752,41	40,44	31,35	31,35	103,14	-22,26
6	Kombinasi 6	646,99	0,00	0,00	40,44	0,00	0,00	40,44	40,44
7	Kombinasi 7	853,83	577,60	0,00	53,36	0,00	24,07	77,43	29,30

Tabel 5.48 Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor D50

No	% Pijin	Pijin (ton)	Pbeban (ton)	Pijin x % (ton)	Keterangan
1	100%	97,84	48,82	97,84	OK
2	125%	97,84	49,85	122,30	OK
3	125%	97,84	52,26	122,30	OK
4	140%	97,84	52,55	136,97	OK
5	150%	97,84	66,01	146,76	OK
6	130%	97,84	25,88	127,19	OK
7	150%	97,84	49,56	146,76	OK

Tabel 5.49 Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor D60

No	% Pijin	Pijin (ton)	Pbeban (ton)	Pijin x % (ton)	Keterangan
1	100%	113,71	76,28	113,71	OK
2	125%	113,71	77,89	142,14	OK
3	125%	113,71	81,66	142,14	OK
4	140%	113,71	82,11	159,20	OK

5	150%	113,71	103,14	170,57	OK
6	130%	113,71	40,44	147,83	OK
7	150%	113,71	77,43	170,57	OK

e. Kontrol Tiang Pancang

Kontrol tiang pancang berfungsi untuk memastikan tiang pancang yang telah direncanakan di atas tidak mengalami geser lateral dan tidak mengalami *crack* akibat momen. Berikut adalah perhitungan kontrol geser lateral dan *crack* momen untuk diameter tiang pancang 60 cm.

- Mencari Harga f

Harga f didapatkan melalui grafik dari NAVFAC DM-7 (**Gambar 2.24**). Parameter yang diperlukan untuk mendapatkan f adalah:

$$C_u = 0,235 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_u = 2 \times C_u = 2 \times 0,235 \text{ kg/cm}^2 = 0,469 \text{ kg/cm}^2 = 0,480 \text{ t/ft}^2$$

dari grafik NAVFAC didapatkan nilai $f = 3 \text{ ton/ft}^2$

$$f = 3 \text{ ton/ft}^2 \times 0,032 = 0,096 \text{ kg/cm}^2$$

- Mencari nilai T

$$T = (EI/f)^{1/5}$$

Mutu beton K-600

$$f'_c = 0,83 \times 600 \times 9,81/100 = 48,9 \text{ MPa}$$

$$E = 4700 \times \sqrt{f'_c} = 4700 \times \sqrt{48,9} = 331675 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 329376 \text{ cm}^4$$

$$\text{Maka, } T = 257,78 \text{ cm} = 2,58 \text{ m}$$

- Mencari F_δ dan F_M

Untuk mencari nilai F_δ dan F_M digunakan kurva NAVFAC yang dapat dilihat pada **Gambar 2.22**. Parameter yang diperlukan adalah nilai L/T dan nilai z yang ditetapkan pada kedalaman 0 m ($z = 0$). Dimana L = panjang tiang pancang yang digunakan. $L/T = 27,5 \text{ m}/2,58 \text{ m} = 10,67$. Dari kurva NAVFAC didapatkan; $F_\delta = 0,9$ dan $F_M = 0,9$

- Perhitungan Geser Lateral

Geser lateral dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\delta = F_{\delta} \left(\frac{PT^3}{EI} \right)$$

Dimana:

$P = H_{\max}/n$

H_{\max} = gaya horizontal maksimum

n = jumlah tiang pancang

$\delta \leq 1 \text{ inch (2,54 cm)}$

Didapatkan $\delta = 1,05 \text{ cm} < 2,54 \text{ cm}$

Maka tiang pancang rencana aman dari geser lateral

- Perhitungan Momen Maksimum

Momen maksimum dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$M_{p\max} = f_m \times P \times T$$

Dimana:

$P = H_{\max}/n$

H_{\max} = gaya horizontal maksimum

n = jumlah tiang pancang

$M_{p\max} < \text{Momen } crack \text{ bahan}$

Didapatkan $M_{p\max} = 17,24 \text{ t.m} < 29 \text{ t.m (} M_{crack} \text{ bahan)}$

Hasil perhitungan kontrol geser lateral untuk setiap diameter tiang pancang yang direncanakan dapat dilihat pada **Tabel 5.50**. Hasil perhitungan kontrol momen terhadap momen *crack* bahan untuk setiap diameter tiang pancang yang direncanakan dapat dilihat pada **Tabel 5.51** s/d **Tabel 5.52**.

Tabel 5.50 Hasil Perhitungan Kontrol Geser Lateral

Diameter Tiang Pancang (m)	Geser Lateral (cm)	Geser Lateral yang diijinkan (cm)	Keterangan
0,5	0,88	2,54	OK
0,6	1,05	2,54	OK

Tabel 5.51 Hasil Perhitungan Kontrol Momen D50

No	%Mijin	Mcrack (tm)	P (ton)	Mp (tm)	Keterangan
1	100%	17,00	2,00	4,06	OK
2	125%	21,25	2,22	4,50	OK
3	125%	21,25	2,28	4,62	OK
4	140%	23,80	2,34	4,74	OK
5	150%	25,50	5,93	12,04	OK
6	130%	22,10	0,00	0,00	OK
7	150%	25,50	2,16	4,38	OK

Tabel 5.52 Hasil Perhitungan Kontrol Momen D60

No	%Mijin	Mcrack (tm)	P (ton)	Mp (tm)	Keterangan
1	100%	29,00	3,13	7,25	OK
2	125%	36,25	3,39	7,87	OK
3	125%	36,25	3,48	8,08	OK
4	140%	40,60	3,56	8,26	OK
5	150%	43,50	7,43	17,24	OK
6	130%	37,70	0,00	0,00	OK
7	150%	43,50	3,32	7,69	OK

D. Penentuan Tiang Pancang yang Digunakan

Pada perencanaan tiang pancang untuk pilar 2, direncanakan tiang pancang dengan diameter 0,5 m dan 0,6 m. Dengan menggunakan brosur harga tiang pancang pada **Lampiran 1** dan berdasarkan kebutuhan tiang pancang yang digunakan seperti pada **Tabel 5.45** , maka didapatkan hasil biaya untuk masing-masing diameter tiang pancang yang direncanakan. Hasil perhitungan biaya untuk masing-masing diameter tiang pancang dapat dilihat pada **Tabel 5.53**.

Tabel 5.53 Total Kebutuhan dan Biaya Tiang Pancang

D (m)	Kedalaman (m)	Jumlah	Kebutuhan Tiang Pancang		Total Biaya
			12 m	15 m	
0,5	30,5	25	75		Rp412.500.000
0,6	27,5	16		32	Rp214.400.000

Penentuan tiang pancang yang digunakan berdasarkan biaya yang paling ekonomis. Berdasarkan perhitungan biaya pada **Tabel 5.53** di atas, maka untuk pilar 2 digunakan tiang pancang dengan diameter 0,6 m.

E. Perhitungan Penulangan Pilar

• *Pilecap*

Direncanakan penulangan bagian *pilecap* pada pilar 2 menggunakan diameter tulangan vertikal 25 mm dan diameter tulangan horizontal 16 mm. Kekuatan leleh tulangan (f_y) adalah 390 MPa dan kekuatan tekan beton (f'_c) adalah K-600 atau 49,8 MPa. Tebal selimut beton adalah 100 mm. Berikut ini adalah beban *ultimate* yang terjadi pada bagian *pilecap* pilar 2.

1. Akibat Berat *Pilecap* :

$$W_s = 128960 \text{ kg}$$

$$M_s = 183230,67 \text{ kgm}$$

2. Akibat P_{\max} Tiang Pancang :

$$W_p = 314799,64 \text{ kg}$$

$$M_p = 566639,36 \text{ kgm}$$

Didapatkan momen *ultimate*, M_u/L (lebar) = 47926,09 kgm

$$d = 1100 \text{ mm}$$

$$dx = d - 0,5 D - \emptyset$$

$$= 1100 \text{ mm} - (0,5 \times 25 \text{ mm}) - 16 \text{ mm}$$

$$= 1071 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,056$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,042$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 0,004$$

$$M_n = M_u/\phi = 599,08 \text{ kgm}$$

$$R_n = M_n/(b \cdot d^2) = 0,052$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c}}\right) = 0,00013$$

$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$, maka digunakan ρ_{\min}

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d_x = 38464,10 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D25-125 ($A_s = 39269,91 \text{ mm}^2$)

Untuk tulangan bagi dipakai 20% $A_s = 7692,82 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D16-250 ($A_s = 8042,48 \text{ mm}^2$)

• **Pier Column (Kolom Pilar)**

Direncanakan penulangan bagian kolom pilar pada pilar 2 menggunakan diameter tulangan vertikal 22 mm. Kekuatan leleh tulangan (f_y) adalah 390 MPa dan kekuatan tekan beton (f'_c) adalah K-300 atau 24,9 MPa. Tebal selimut beton adalah 100 mm. Perhitungan kebutuhan tulangan pada kolom pilar menggunakan bantuan program *PCA Column* dengan menginput dimensi kolom pilar dan beban yang bekerja pada kolom pilar tersebut. Dimensi kolom pilar sebagai berikut.

Diameter kolom pilar (D) = 1,8 m

Tinggi kolom pilar (L_c) = 5,9 m

Luas Penampang (A) = 2,545 m²

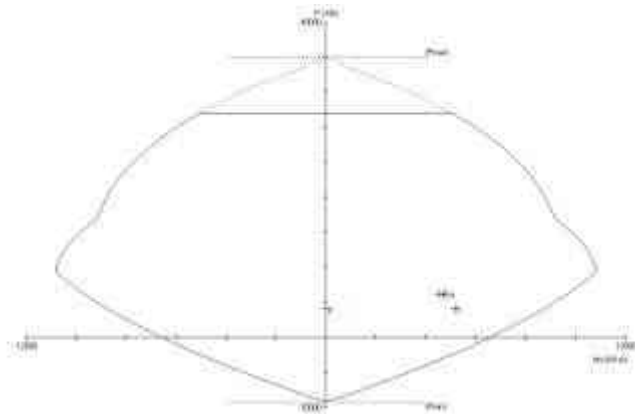
Beban yang bekerja pada kolom pilar dapat dilihat pada **Tabel**

5.54.

Tabel 5.54 Beban pada Kolom Pilar 2

No	Kombinasi	P (kN)	Mx (kNm)
1	Kombinasi 1	6191,63	4500,00
2	Kombinasi 2	6191,63	4799,74
3	Kombinasi 3	6223,47	4808,89
4	Kombinasi 4	6223,47	4893,79
5	Kombinasi 5	4123,23	5146,43

6	Kombinasi 6	4123,23	0,00
7	Kombinasi 7	6191,63	4714,84



Gambar 5.40 Diagram Interaksi Hasil Analisa *PCA Column* (Pilar 2)

Gambar 5.40 di atas adalah diagram interaksi hasil analisa dengan menggunakan program *PCA Column*. Dari analisa tersebut dibutuhkan tulangan sebanyak 68 buah dengan diameter tulangan 22 mm.

- ***Headstock / Pier Head***

Direncanakan penulangan daerah tarik dan daerah tekan bagian *headstock* pada pilar 1 masing-masing menggunakan diameter tulangan vertikal 25 mm dan 19 mm. Kekuatan leleh tulangan (f_y) adalah 390 MPa dan kekuatan tekan beton (f'_c) adalah K-300 atau 24,9 MPa. Jarak tulangan terhadap sisi luar beton adalah 250 mm. Berikut ini adalah beban *ultimate* yang terjadi pada bagian *headstock* pilar 1.

Beban bagian struktur bawah *headstock* :

Beban bagian struktur bawah terdiri dari berat sendiri dan beban gempa.

1. Akibat Berat Sendiri :

$$W_s = 348,34 \text{ kN}$$

$$M_s = 726,67 \text{ kNm}$$

2. Akibat Beban Gempa :

$$W_{eq} = 26,80 \text{ kN}$$

$$M_{eq} = 55,90 \text{ kNm}$$

Beban bagian struktur atas *headstock* :

Beban bagian struktur atas terdiri dari berat sendiri, beban lajur “D”, beban pedestrian, beban angin, dan beban gempa. Masing-masing beban dibagi dengan jumlah *PCI* girder yaitu 6 buah. Rekap beban struktur atas *headstock* dapat dilihat pada **Tabel 5.55**.

Tabel 5.55 Beban Struktur Atas *Headstock*

Beban	Vu (kN)	Mu (kNm)
Berat Sendiri	663,08	3713,24
Beban Lajur "D"	633,41	3547,09
Beban pedestrian	56,06	313,92
Beban Angin	6,37	35,67
Beban Gempa	198,14	1109,59

Kombinasi Beban pada *Headstock*

Direncanakan menggunakan 2 kombinasi beban. Beban-beban yang bekerja pada masing-masing kombinasi dapat dilihat pada **Tabel 5.56** dan **Tabel 5.57**

Tabel 5.56 Kombinasi 1 Pembebanan pada *Headstock* (Pilar 2)

No	Jenis Beban	Vu (kN)	Mu (kNm)
1	Berat Sendiri	663,08	3713,24
		348,34	726,67
2	Beban Lajur "D"	633,41	3547,09

3	Beban pedestrian	56,06	313,92
4	Beban Angin	6,37	35,67
Σ		1707,25	8336,59

Tabel 5.57 Kombinasi 2 Pembebanan pada *Headstock* (Pilar 2)

No	Jenis Beban	Vu (kN)	Mu (kNm)
1	Berat Sendiri	663,08	3713,24
		348,34	726,67
2	Beban Gempa	198,14	1109,59
		26,80	55,90
Σ		1236,35	5605,39

Didapatkan momen *ultimate* (M_u) = 8336,59 kNm dan gaya geser *ultimate* (V_u) = 1707,25 kN

Tulangan Lentur

$$M_u = 8336,59 \text{ kNm}$$

$$h = 1100 \text{ mm}$$

$$E_s = 200000$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,028$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 0,004$$

$$M_n = M_u/\phi = 10420,73 \text{ kNm}$$

$$R_n = M_n/(b \cdot d^2) = 5,151$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c}} \right) = 0,015$$

$$\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}, \text{ maka digunakan } \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 36628,92 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s}{\pi/4 \cdot D^2} = 74,62 \text{ buah}$$

$$\text{Digunakan tulangan } 75 \text{ D25 mm, } A_s = 36815,54 \text{ mm}^2$$

Untuk menjamin daktilitas struktur, maka rasio tulangan tekan diambil, $\rho' = 0,5 \times \rho$

$$\rho' = 0,0077$$

$$As' = \rho' \cdot b \cdot d = 18314,46 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As'}{\pi/4 \cdot D^2} = 64,59 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan 65 D19 mm, $As' = 18429,37 \text{ mm}^2$

Tulangan Geser

$$Vu = 1707,25 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,8$$

$$Vc = 1/6 \cdot (\sqrt{f_c'}) \cdot b \cdot d \cdot 10^{-3} = 1979,36 \text{ kN}$$

$$\phi Vc = 1583,49 \text{ kN}$$

$Vu > \phi Vc$, maka perlu tulangan geser.

$$\phi Vs = Vu - \phi Vc = 123,76 \text{ kN}$$

$$Vs = 154,70 \text{ kN}$$

Diameter tulangan yang digunakan (D) = 13 mm, n = 6 buah

$$Av = n \cdot \pi/4 \cdot D^2 = 796,39 \text{ mm}^2$$

$$s = Av \cdot f_y \cdot d / Vs = 1706,58 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan sengkang, **6 D13 mm – 300 mm.**

5.2 Perencanaan Abutment Jembatan

Dalam Tugas Akhir ini, perencanaan abutment pada sisi utara dan sisi selatan jembatan adalah sama karena ketinggian oprit yang direncanakan sama yaitu setinggi 8 m. Data tanah yang digunakan dalam perhitungan perencanaan abutment adalah *borlog* BH-1. Data tanah dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Berikut adalah perhitungan perencanaan abutment.

A. Data Perencanaan

- Panjang girder (L) = 17 m
- Tinggi girder (h_b) = 1,25 m
- Lebar jalan (b) = 9 m
- Tebal plat lantai jembatan (t_s) = 0,2 m
- Tebal lapisan aspal + overlay (t_a) = 0.1 m
- Lebar abutment (B) = 10 m

- Tinggi abutment = 9 m
- Tanah Dasar *Pile-cap*
- Berat volume (γ_t) = 16,201 kN/m³
- Sudut geser (ϕ) = 0°
- Kohesi (c) = 22,593 kPa

B. Pembebanan

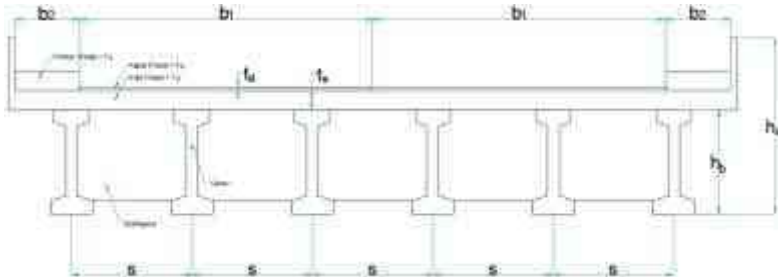
Perhitungan pembebanan berdasarkan pada RSNI T-02-2005 (Standar Pembebanan untuk Jembatan). Berikut ini adalah hasil perhitungan pembebanan untuk pilar jembatan.

1. Berat Sendiri

Berat sendiri yang bekerja dibagi menjadi dua macam, yaitu berat sendiri struktur atas dan berat sendiri struktur bawah.

1.2 Berat Sendiri Struktur Atas

Sketsa pembebanan struktur atas jembatan dapat dilihat pada **Gambar 5.41**.



Gambar 5.41 Berat Sendiri Struktur Atas Jembatan

Beban akibat berat sendiri struktur atas terdiri dari *slab*, balok prategang (*PCI H-125 cm*), dan balok melintang (diafragma). Hasil perhitungan pembebanan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Berat balok prategang (*PCI H-125 cm*):

- Panjang balok prategang, $L = 17 \text{ m}$
- Luas penampang, $A = 0,317 \text{ m}^2$
- $W_{\text{balok}} = A \times L \times W_c$
 $= 0,317 \text{ m}^2 \times 17 \text{ m} \times 25,5 \text{ kN/m}^3$

- $$\begin{aligned}
 &= 137,29 \text{ kN} \\
 &= W_{\text{balok}} / L \\
 &= 137,29 \text{ kN} / 17 \text{ m} \\
 &= 8,076 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

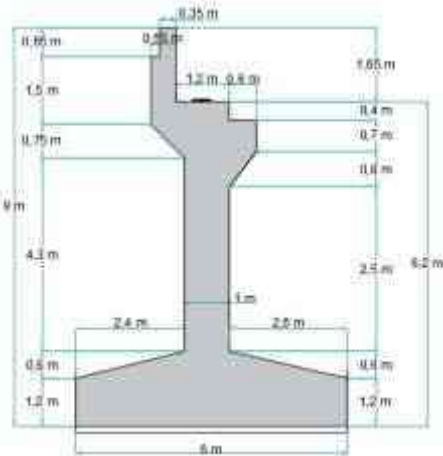
Tabel 5.58 Perhitungan Pembebanan Berat Sendiri Struktur Atas

Beban	Parameter Volume				Berat	Satuan	Berat (kN)
	b (m)	t (m)	L (m)	n			
Slab	9	0,2	17	1	25,00	kN/m ³	765,0
Perkerasan Aspal	9	0,1	17	1	22,00	kN/m ³	336,6
Balok Prategang <i>PCI</i> <i>H</i> -160 cm	-	-	17	6	8,08	kN/m	823,7
Balok Melintang (Diafragma)	-	-	17	5	4,35	kN	369,8
Σ							2295,09

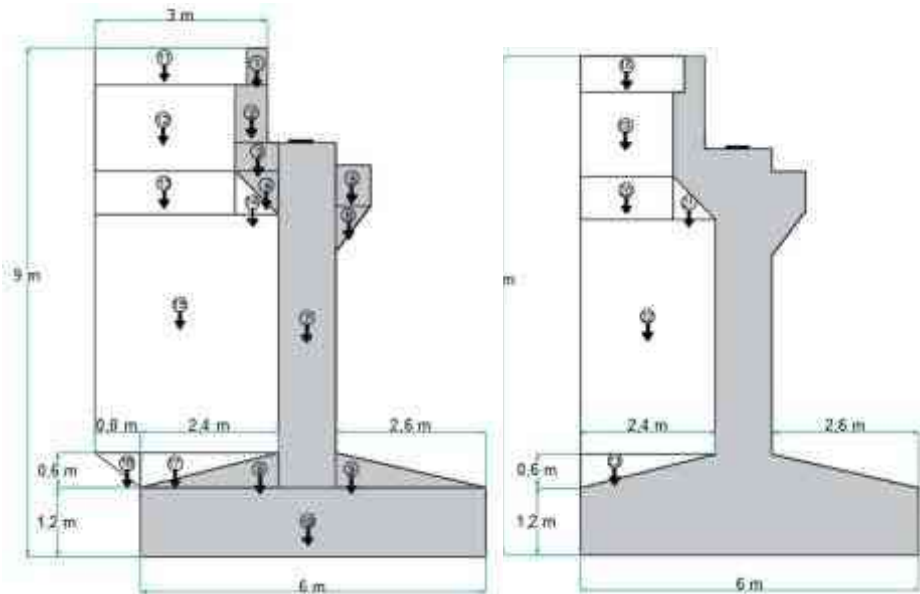
$$\begin{aligned}
 P_{\text{MS struktur atas}} &= \frac{1}{2} \times 2295,09 \text{ kN} \\
 &= 1147,54 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

1.3 Berat Sendiri Struktur Bawah

Beban akibat berat sendiri struktur bawah adalah berat sendiri dari abutment yang akan direncanakan memiliki ukuran tinggi total 9 m dan lebar 6 m. Gambar perencanaan abutment dan skema pembebanan dapat dilihat pada **Gambar 5.42** dan **Gambar 5.43**



Gambar 5.42 Perencanaan Abutment



Gambar 5.43 Skema Pembebanan Abutment

Tebal dinding *wingwall* (t_w) = 0,5 m

Tabel 5.59 Perhitungan Berat Sendiri Struktur Bawah

Pembebanan	Berat Sendiri Struktur Bawah				Berat (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
No	b (m)	h (m)	Bentuk	Arah			
ABUTMENT							
1	0,35	0,65	1	-1	56,9	1,0	-55,5
2	0,55	1	1	-1	137,5	1,1	-147,8
3	0,75	0,5	1	-1	93,8	1,0	-91,4
4	0,75	0,75	0,5	-1	70,3	0,9	-59,8
5	0,6	0,7	1	1	105,0	0,7	73,5
6	0,6	0,8	0,5	1	60,0	0,6	36,0
7	1	6	1	-1	1500,0	0,1	-153,8
8	2,4	0,6	0,5	-1	180,0	1,4	-252,0
9	2,6	0,6	0,5	1	195,0	1,3	247,0
10	6	1,2	1	-1	1800,0	0,0	0,0
WINGWALL							
11	2,65	0,65	1	-1	43,1	2,5	-106,6
12	2,45	1,5	1	-1	91,9	2,6	-236,6
13	2,45	0,75	1	-1	45,9	2,6	-118,3
14	0,75	0,75	0,5	-1	7,0	1,1	-7,7
15	3,2	4,3	1	-1	332,0	2,2	-756,8
16	0,8	0,6	0,5	-1	6,0	3,3	-19,6
17	2,4	0,6	0,5	-1	18,0	2,2	-39,6
TANAH							
18	1,85	0,65	1	-1	216,5	2,1	-449,1
19	1,65	1,5	1	-1	445,5	2,2	-969,0
20	1,65	0,75	1	-1	222,8	2,2	-484,5
21	0,75	0,75	0,5	-1	50,6	1,1	-55,7

22	2,4	4,15	1	-1	1792,8	1,8	-3343,7
23	2,4	0,6	0,5	-1	129,6	2,2	-285,1
Σ					7714,37		-7275,93

Sehingga, total berat akibat beban sendiri adalah:

Tabel 5.60 Rekap Perhitungan Berat Akibat Beban Sendiri

No	Berat Sendiri	Pms (kN)	Mms (kNm)
1	Struktur Atas	1147,54	-114,75
2	Struktur Bawah	7714,37	-7275,93
		8861,91	-7390,69

2. Tekanan Tanah

Dalam Tugas Akhir ini, tekanan tanah tidak diperhitungkan atau dianggap memiliki nilai nol, dikarenakan tekanan tanah sendiri sudah ditahan oleh material perkuatan pada timbunan oprit. Material perkuatan timbunan oprit itu sendiri adalah menggunakan material *geotextile*, perencanaan perkuatan timbunan oprit dapat dilihat pada **Bab 6**.

3. Beban Lajur “D”

Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT). Beban Terbagi Rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut:

$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa}$$

$$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 \times (0,5 + 15/L) \text{ kPa}$$

$$L = 17 \text{ m, maka } q = 9,0 \text{ kPa}$$

Untuk perhitungan Beban Terbagi Rata (BTR) digunakan nilai $q = 9,0$ kPa. Besarnya beban akibat Beban Terbagi Rata (BTR) pada pilar sebagai berikut:

$$P_{\text{BTR}} = [5,5 \text{ m} \times q] + [2 \times 1/2(b - 5,5) \text{ m} \times 1/2 \times q] \times L$$

$$P_{\text{BTR}} = 0,5 \times q \times (5,5 \text{ m} + b) \times L$$

$$P_{\text{BTR}} = 0,5 \times 9 \text{ kPa} \times (5,5 \text{ m} + 9 \text{ m}) \times 17 \text{ m}$$

$$P_{BTR} = 1109,25 \text{ kN}$$

Untuk perhitungan Beban Garis Terpusat (BGT) digunakan intensitas p kN/m. Besarnya intensitas p adalah 49 kN/m. Beban Garis Terpusat (BGT) ini harus dikalikan dengan faktor *Dynamic Load Allowance* (DLA). Nilai DLA yang digunakan dalam perhitungan adalah 0,4. Besarnya beban akibat Beban Garis Terpusat (BGT) pada pilar sebagai berikut:

$$P_{BGT} = 0,5 \times P \times (1+DLA) \times (5,5 \text{ m} + b)$$

$$P_{BGT} = 0,5 \times 49 \text{ kN/m} \times (1+0,4) \times (5,5 \text{ m} + 9 \text{ m})$$

$$P_{BGT} = 497,35 \text{ kN}$$

Sehingga, besar total beban lajur “D” adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} W_{TD} &= P_{BTR} + P_{BGT} \\ &= 1109,25 \text{ kN} + 497,35 \text{ kN} \\ &= 1606,60 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{TD} &= \frac{1}{2} \times 1606,60 \text{ kN} \\ &= 803,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

Eksentrisitas beban terhadap fondasi, $e = -0,10 \text{ m}$.

$$\begin{aligned} M_{TD} &= P_{TD} \times e \\ &= 803,3 \text{ kN} \times -0,10 \text{ m} \\ &= -80,33 \text{ kNm} \end{aligned}$$

4. Beban Pejalan Kaki

Jembatan jalan raya direncanakan dapat memikul beban hidup merata pada trotoar yang besarnya tergantung pada luasan bidang trotoar yang dibebani. Persamaan hubungan antara luasan bidang trotoar dengan beban merata pejalan kaki sebagai berikut:

$$\text{Untuk } A \leq 10 \text{ m}^2 \quad : q = 5 \text{ kPa}$$

$$\text{Untuk } 10 \text{ m}^2 < A \leq 100 \text{ m}^2 \quad : q = 5 - 0,033 \times (A - 10) \text{ kPa}$$

$$\text{Untuk } A > 100 \text{ m}^2 \quad : q = 2 \text{ kPa}$$

$$A = \text{Luas bidang trotoar yang dibebani pejalan kaki (m}^2\text{)}$$

$$q = \text{Beban hidup merata pada trotoar (kPa)}$$

- Panjang bentang (L) = $17 \text{ m} / 2 = 8,5 \text{ m}$
- Lebar trotoar (b_2) = 1 m
- Jumlah trotoar (n) = 2

- Luas bidang trotoar yang didukung *pier* (A) = 17 m^2

Beban merata pada pejalan kaki:

$$\begin{aligned} q &= 5-0,033 \times (A-10) \text{ kPa} \\ &= 5-0,033 \times (17 \text{ m}^2-10) \\ &= 4,77 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Beban pada *pier* akibat pejalan kaki:

$$\begin{aligned} P_{TP} &= A \times q \\ &= 17 \text{ m}^2 \times 4,77 \text{ kPa} \\ &= 81,07 \text{ kN} \end{aligned}$$

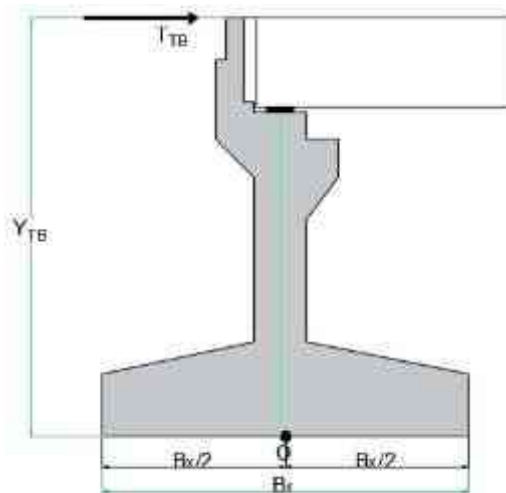
Eksentrisitas beban terhadap fondasi, $e = -0,10 \text{ m}$.

$$\begin{aligned} M_{TP} &= P_{TP} \times e \\ &= 81,07 \text{ kN} \times -0,10 \text{ m} \\ &= -8,11 \text{ kNm} \end{aligned}$$

5. Gaya Rem (T_B)

Pengaruh gaya rem dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem tersebut tergantung pada panjang total jembatan yang dibebani lalu lintas. Hubungan antara besarnya gaya rem dan panjang total jembatan digambarkan seperti pada **Gambar 5.7** atau dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

- $L_t \leq 80 \text{ m}$, gaya rem (T_{TB}) = 250 kN
- $80 \text{ m} < L_t < 180 \text{ m}$, gaya rem (T_{TB}) = $250 + 2,5 \times (L_t - 80) \text{ kN}$
- Untuk $L_t \geq 180 \text{ m}$, gaya rem (T_{TB}) = 500 kN



Gambar 5.44 Pengaruh Gaya Rem pada Bentang Jembatan

- Untuk $L_t = 17$ m, maka pengaruh gaya rem sebesar 250 kN
- Gaya rem (T_{TB})
 - $= 250$ kN
 - $= 500$ kN
- Lengan terhadap Fondasi (Y_{TB}) $= 9$ m
- Momen pada Fondasi akibat gaya rem (M_{TB})
 - $= 250 \text{ kN} \times 9 \text{ m}$
 - $= 2250$ kN.m
- Lengan terhadap *breast wall* (Y'_{TB}) $= 7,2$ m
- Momen pada *breast wall* akibat gaya rem (M'_{TB})
 - $= 250 \text{ kN} \times 7,2 \text{ m}$
 - $= 1800$ kN.m

6. Pengaruh Temperatur

Temperatur rata-rata min, (T_{\min}) $= 15^{\circ}\text{C}$

Temperatur rata-rata max, (T_{\max}) $= 40^{\circ}\text{C}$

Perbedaan temperatur, (ΔT) :

$$\Delta T = (T_{\max} - T_{\min})/2$$

$$= (40 - 15)/2$$

$$= 12.5^{\circ}\text{C}$$

Koefisien muai panjang untuk beton (α) $= 10 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$

Koefisien geser untuk tumpuan berupa elastomer :

$$(k) = 1500 \text{ kN/m}$$

$$\text{Panjang bentang girder (L)} = 17 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah tumpuan elastomer (n)} = 6 \text{ buah}$$

Gaya pada abutment akibat pengaruh temperatur :

$$T_{ET} = \alpha \times \Delta T \times k \times L/2 \times n$$

$$= 10^{-5}/^{\circ}\text{C} \times 12,5^{\circ}\text{C} \times 1500 \text{ kN/m} \times 17 \text{ m}/2 \times 6$$

$$= 9,56 \text{ kN}$$

Lengan terhadap fondasi :

$$Y_{ET} = 7,2 \text{ m}$$

Momen pada fondasi akibat temperatur :

$$M_{ET} = T_{ET} \times Y_{ET}$$

$$= 9,56 \text{ kN} \times 7,2 \text{ m}$$

$$= 68,85 \text{ kNm}$$

Lengan terhadap alas *pier column* :

$$Y'_{ET} = 7,2 \text{ m} - 1,8 \text{ m}$$

$$= 5,4 \text{ m}$$

Momen pada alas *pier column* akibat temperatur :

$$M'_{ET} = T_{ET} \times Y'_{ET}$$

$$= 9,56 \text{ kN} \times 5,4 \text{ m}$$

$$= 51,64 \text{ kNm}$$

7. Beban Angin

7.1 Angin yang Meniup Bidang Samping Jembatan

Gaya akibat angin dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$T_{EW} = 0,0006 \times C_W \times (V_W)^2 \times A_b \text{ kN}$$

$$C_W = \text{Koefisien seret}$$

$$V_W = \text{Kecepatan angin rencana (m/det)}$$

$$A_b = \text{Luas bidang samping jembatan (m}^2\text{)}$$

$$C_W = 1,25$$

$$V_W = 35 \text{ m/det}$$

$$\text{Panjang bentang (L)} = 17 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bidang samping atas (h}_a\text{)} = 2,50 \text{ m}$$

$$A_b = L/2 \times h_a$$

$$= 17 \text{ m} / 2 \times 2,5 \text{ m}$$

$$= 21,25 \text{ m}^2$$

Beban angin pada abutment =

$$T_{EW1} = 0,0006 \times C_w \times (v_w)^2 \times A_b$$

$$= 0,0006 \times 1,25 \times (30\text{m/det})^2 \times 21,25\text{m}^2$$

$$= 14,34 \text{ kN}$$

Lengan terhadap Fondasi =

$$Y_{EW1} = 8,45 \text{ m}$$

Momen pada Fondasi =

$$M_{EW1} = T_{EW1} \times Y_{EW1}$$

$$= 14,34 \text{ kN} \times 8,45 \text{ m}$$

$$= 121,21 \text{ kN.m}$$

Lengan terhadap dasar *breast wall* =

$$Y'_{EW1} = 6,65 \text{ m}$$

Momen pada *breast wall* =

$$M'_{EW1} = T_{EW1} \times Y'_{EW1}$$

$$= 14,34 \text{ kN} \times 6,65 \text{ m}$$

$$= 95,39 \text{ kN.m}$$

7.2 Angin yang Meniup Kendaraan

Gaya angin tambahan arah horisontal pada permukaan lantai jembatan akibat beban angin yang meniup kendaraan di atas lantai jembatan dihitung dengan rumus:

$$T_{EW2} = 0,0012 \times C_w \times (v_w)^2 \times L/2 \text{ kN}, C_w = 1,2$$

$$T_{EW2} = 0,0012 \times 1,2 \times (30\text{m/det})^2 \times 17\text{m}/2$$

$$T_{EW2} = 11,02 \text{ kN}$$

Lengan terhadap Fondasi =

$$Y_{EW2} = 8,75 \text{ m}$$

Momen pada Fondasi =

$$M_{EW2} = T_{EW2} \times Y_{EW2}$$

$$= 11,02 \text{ kN} \times 8,75 \text{ m}$$

$$= 96,39 \text{ kN.m}$$

Lengan terhadap dasar *breast wall* =

$$Y'_{EW2} = 6,95 \text{ m}$$

Momen pada *breast wall* =

$$\begin{aligned}
 M'_{EW2} &= T_{EW2} \times Y'_{EW2} \\
 &= 11,02 \text{ kN} \times 6,95 \text{ m} \\
 &= 76,56 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

7.3 Beban Angin Total pada Abutment

$$\begin{aligned}
 \text{Total beban angin pada abutment, } T_{EW} &= T_{EW1} + T_{EW2} \\
 &= 14,34 \text{ kN} + 11,02 \text{ kN} \\
 &= 25,36 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total momen pada fondasi, } M_{EW} &= M_{EW1} + M_{EW2} \\
 &= 121,121 + 96,39 \\
 &= 217,60 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total momen pada } breast \text{ wall, } M'_{EW} &= M'_{EW1} + M'_{EW2} \\
 &= 95,39 + 76,56 \\
 &= 171,95 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

7.4 Transfer Beban Angin ke Lantai Jembatan

Beban angin tambahan yang meniup bidang samping kendaraan:

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 = 1,296 \text{ kN/m}$$

Bidang vertikal yang ditiup gaya angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi $h = 2,00 \text{ m}$ di atas lantai jembatan dan jarak antar roda kendaraan $x = 1,75 \text{ m}$

Gaya pada abutment jembatan akibat transfer beban angin ke lantai jembatan:

$$P_{EW} = 2 \times [1/2 \times h/x \times T_{EW}] \times L$$

$$P_{EW} = 2 \times [1/2 \times 2,00\text{m}/1,75\text{m} \times 1,296 \text{ kN/m}] \times 17,00 \text{ m}$$

$$P_{EW} = 12,59 \text{ kN}$$

$$e = -0,10 \text{ m}$$

$$M_{EW} = P_{EW} \times e$$

$$= 12,59 \text{ kN} \times -0,10 \text{ m}$$

$$= -1,259 \text{ kNm}$$

8. Beban Gempa

Beban gempa rencana dihitung dengan rumus:

$$T_{EQ} = K_h \times I \times W_t$$

$$K_h = C \times S$$

- T_{EQ} = Gaya geser dasar total pada arah yang ditinjau (kN)
 K_h = Koefisien beban gempa horisontal
 I = Faktor kepentingan
 W_t = Berat total jembatan yang berupa berat sendiri struktur atas dan struktur bawah (kN)
 C = Koefisien geser dasar untuk wilayah gempa, waktu getar, dan kondisi tanah
 S = Faktor tipe struktur yang berhubungan dengan kapasitas penyerapan energi gempa (daktilitas) dari struktur jembatan

Waktu getar struktur dihitung dengan rumus:

$$T = 2 \times \pi \times \sqrt{[W_t / (g \times K_p)]}$$

- g = Percepatan gravitasi (9,8 m/det²)
 K_p = Kekakuan struktur yang merupakan gaya horisontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan (kN/m)

Hubungan antara waktu getar dan koefisien geser dasar untuk kondisi tanah tertentu dan wilayah gempa 4 dapat dilihat pada **Gambar 5.13**.

8.1 Beban Gempa Arah Memanjang Jembatan (Arah x)

- Tinggi *breast wall*, L_b = 5,45 m
 Ukuran penampang *breast wall*, $b = B_y$ = 10 m
 h = 1 m
 Inersia penampang *breast wall*, I_c = $1/12 \times b \times h^3$
 = 0,833 m⁴
 Mutu beton, $K - 300$, $f_c' = 0.83 \times K / 10 = 24,9$ MPa
 Modulus elastis beton, $E_c = 4700 \times \sqrt{f_c'} = 23452,95$ MPa
 E_c = 23452952,91 kPa
 Nilai kekakuan, $K_p = 3 \times E_c \times I_c / L_b^3$ = 362199,66 kN/m
 Percepatan gravitasi, g = 9,81 m/det²
 Berat sendiri struktur atas = 1147,54 kN
 Beban sendiri struktur bawah = 7714,37 kN
 Berat total struktur, W_{TP} = 1147,54 + 1/2(7714,37)

$$\begin{aligned}
 &= 5004,73 \text{ kN} \\
 \text{Waktu getar alami struktur (T)} &= \\
 T &= 2 \times \pi \times \sqrt{[W_t / (g \times K_p)]} \\
 &= 2 \times \pi \times \sqrt{[5004,73 \text{ kN} / (9,81 \text{ m/det}^2 \times 362199,66 \text{ kN/m})]} \\
 &= 0,2359 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Kondisi tanah dasar termasuk tanah lunak dan lokasi jembatan berada di wilayah gempa 4. Dari kurva koefisien geser dasar pada **Gambar 5.11** didapatkan nilai koefisien geser dasar (C) = 0,15

Untuk jembatan dengan sendi plastis beton bertulang, faktor jenis struktur dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 S &= 1,0 \times F \\
 \text{Nilai } F &= 1,25 - 0,025 \times n \text{ dan } F \text{ harus diambil } \geq 1.
 \end{aligned}$$

Dimana:

F = Faktor perangkaan

n = Jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral

Untuk n = 1, maka:

$$\begin{aligned}
 F &= 1,25 - 0,025 \times n \\
 &= 1,25 - 0,025 \times 1 \\
 &= 1,225
 \end{aligned}$$

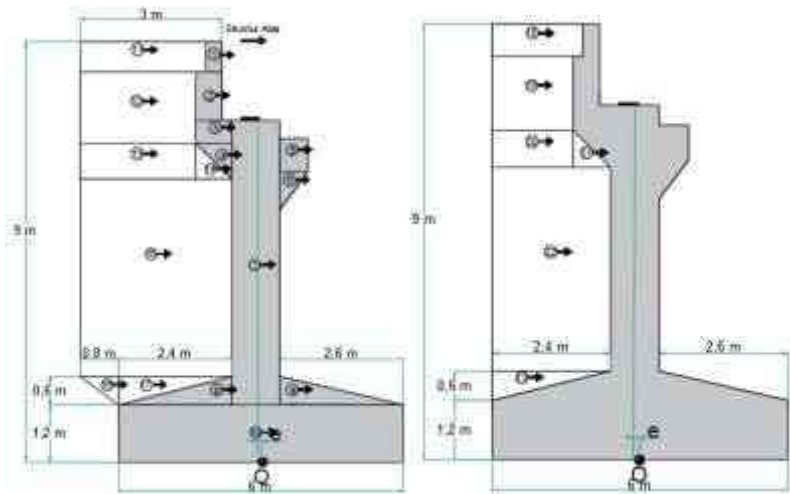
$$\begin{aligned}
 S &= 1,0 \times F \\
 &= 1,0 \times 1,225 \\
 &= 1,225
 \end{aligned}$$

Nilai koefisien beban gempa horisontal:

$$\begin{aligned}
 K_h &= C \times S \\
 &= 0,15 \times 1,225 \\
 &= 0,18
 \end{aligned}$$

Dalam RSNI T-02-2005 Pasal 7.7.3 untuk jembatan yang memuat > 2000 kendaraan/hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri dan jembatan dimana terdapat route alternatif diambil nilai faktor kepentingan (I) = 1,0

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya gempa : } T_{EQ} &= K_h \times I \times W_t \\
 &= 0,18 \times 1,0 \times W_t \text{ kN} \\
 &= 0,18 \times W_t
 \end{aligned}$$



Gambar 5.45 Perencanaan Gaya Gempa yang bekerja pada Abutment

Tabel 5.61 Distribusi Beban Gempa

No	Berat Wt (kN)	Teq (kN)	y (m)	Meq (kNm)
STRUKTUR ATAS				
Pms	1147,54	210,86	6,20	1307,34
ABUTMENT				
1	56,9	10,45	8,53	89,09
2	137,5	25,27	7,70	194,55
3	93,8	17,23	6,95	119,72
4	70,3	12,92	6,45	83,33
5	105,0	19,29	6,45	124,44
6	60,0	11,03	5,83	64,31
7	1537,5	282,52	4,20	1186,57

8	180,0	33,08	1,40	46,31
9	195,0	35,83	1,40	50,16
10	1800,0	330,75	0,60	198,45
WINGWALL				
11	43,1	7,91	8,53	67,46
12	91,9	16,88	7,45	125,77
13	45,9	8,44	6,33	53,39
14	7,0	1,29	6,20	8,01
15	344,0	63,21	3,88	244,94
16	6,0	1,10	1,60	1,76
17	18,0	3,31	1,60	5,29
TANAH				
18	216,5	39,77	8,53	339,06
19	445,5	81,86	7,45	609,86
20	222,8	40,93	6,33	258,88
21	50,6	9,30	6,20	57,67
22	1857,6	341,33	3,88	1322,67
23	129,6	23,81	1,60	38,10
	Teq	1628,38	Meq	6597,15

Letak titik tangkap gaya horizontal gempa, $y_{EQ} =$
 $y_{EQ} = M_{EQ} / T_{EQ} = 4,051 \text{ m}$

8.2 Beban Gempa Arah Melintang Jembatan (Arah y)

Inersia penampang breast wall, $I_c = 1/12 \times h \times b^3$
 $= 83,333 \text{ m}^4$

Nilai kekakuan, $K_p = 3 \times E_c \times I_c / L_b^3$
 $= 36219965,73 \text{ kN/m}$

Waktu getar alami struktur, $T = 2 \times \pi \times \sqrt{WTP / (g \times KP)}$
 $= 0,0236 \text{ detik}$

Koefisien geser dasar, $C = 0,15$

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor tipe struktur, } S &= 1 \times F = 1,225 \\
 \text{Koefisien beban gempa horisontal, } K_h &= C \times S = 0,18 \\
 \text{Faktor kepentingan, } I &= 1,0 \\
 W_t &= P_{ms} + P_{ma} = 5004,73 \text{ kN} \\
 \text{Gaya gempa, } T_{EQ} &= K_h \times I \times W_t = 1628,38 \text{ kN} \\
 \text{Momen gempa, } M_{EQ} &= 6597,15 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

9. Gesekan pada Perletakan

Gaya gesek yang timbul hanya ditinjau terhadap beban berat sendiri struktur atas. Koefisien gesek pada tumpuan yang berupa elastomer, $\mu = 0,18$.

$$\begin{aligned}
 \text{Reaksi abutment, } P_T &= P_{MS} = 1147,54 \text{ kN} \\
 \text{Gaya gesek pada perletakan, } T_{FB} &= \mu \times P_T = 206,56 \text{ kN} \\
 \text{Lengan terhadap fondasi, } y_{FB} &= 6,2 \text{ m} \\
 \text{Momen pada fondasi akibat gempa, } M_{FB} &= T_{FB} \times y_{FB} = 1280,66 \text{ kNm} \\
 \text{Lengan terhadap } \textit{breast wall}, y'_{FB} &= 4,4 \text{ m} \\
 \text{Momen pada } \textit{breast wall} \text{ akibat gempa, } M'_{FB} &= T_{FB} \times y'_{FB} = 908,85 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

10. Kombinasi Beban Kerja

Perhitungan kombinasi pembebanan pada abutment merupakan lanjutan perhitungan dari pembebanan abutment. Kombinasi pembebanan itu sendiri dapat dilihat pada **Tabel 5.62**.

Tabel 5.62 Kombinasi Pembebanan untuk Perencanaan Tegangan Kerja

Aksi	Kombinasi No						
	1	2	3	4	5	6	7
Aksi tetap	X	X	X	X	X	X	X
Beban lalu lintas	X	X	X	X	-	-	X
Pengaruh temperatur	-	X	-	X	-	-	-
Arus/hanyutan/hidrodaya apung	X	X	X	X	X	-	-
Beban angin	-	-	X	X	-	-	-
Pengaruh gempa	-	-	-	-	X	-	-
Beban tumbukan	-	-	-	-	-	-	X
Beban pelaksanaan	-	-	-	-	-	X	-
Tegangan berlebihan yang diperbolehkan n_{max}	nil	25%	25%	40%	50%	30%	50%

(Sumber: RSNI-T02-2005)

Hasil perhitungan masing-masing kombinasi pembebanan dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Rekap hasil perhitungan pembebanan abutment dapat dilihat pada **Tabel 5.63** dan rekap hasil perhitungan kombinasi pembebanan abutment dapat dilihat pada **Tabel 5.64**.

Tabel 5.63 Rekap Hasil Perhitungan Pembebanan Abutment

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	8861,91			-7390,69	
2	Beban Lajur D	TD	803,30			-80,33	
3	Beban Pedestrian	TP	81,07			-8,11	
4	Gaya Rem	TB		250,00		2250,00	
5	Temperatur	ET		9,56		68,85	
6	Beban Angin	EW	12,59		25,36	-1,26	206,58
7	Beban Gempa	EQ		1628,38	1628,38	6597,15	6597,15
8	Gesekan	FB		206,56		1280,66	

Tabel 5.64 Rekap Hasil Perhitungan Kombinasi Pembebanan Abutment

No	Kombinasi Beban	Tegangan Berlebihan	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Kombinasi 1	0%	9746,29	250,00		-5229,13	
2	Kombinasi 2	25%	9746,29	466,12		-3879,62	
3	Kombinasi 3	25%	9758,87	456,56	25,36	-3949,73	206,58
4	Kombinasi 4	40%	9758,87	466,12	25,36	-3880,88	206,58
5	Kombinasi 5	50%	8861,91	1628,38	1628,38	-793,54	6597,15
6	Kombinasi 6	30%	8861,91			-7390,69	
7	Kombinasi 7	50%	9746,29	456,56		-3948,47	

11. Kontrol Stabilitas Guling

11.1 Stabilitas Guling Arah Memanjang Jembatan

Letak titik guling (ujung fondasi) terhadap pusat fondasi adalah $B_x/2 = 6 \text{ m} / 2 = 3 \text{ m}$. Momen penahan guling didapatkan dari rumus berikut:

$$M_p = P * (B_x / 2) * (1 + k)$$

k = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_x = Momen penyebab guling

Angka aman terhadap guling:

$$SF = M_p / M_x$$

$$SF \geq 2,2$$

Berikut adalah rekap dari perhitungan angka keamanan terhadap guling arah memanjang jembatan:

Tabel 5.65 Hasil Perhitungan SF dari Guling Arah Memanjang Jembatan

No	Kombinasi Beban	k	P (kN)	M_x (kNm)	M_{px} (kNm)	SF	Ket
1	Kombinasi 1	0%	9746,29	-5229,13	29238,86	5,59	OK
2	Kombinasi 2	25%	9746,29	-3879,62	36548,57	9,42	OK
3	Kombinasi 3	25%	9758,87	-3949,73	36595,78	9,27	OK
4	Kombinasi 4	40%	9758,87	-3880,88	40987,27	10,56	OK
5	Kombinasi 5	50%	8861,91	-793,54	39878,60	50,25	OK
6	Kombinasi 6	30%	8861,91	-7390,69	34561,46	4,68	OK
7	Kombinasi 7	50%	9746,29	-3948,47	43858,28	11,11	OK

11.2 Stabilitas Guling Arah Melintang Jembatan

Letak titik guling (ujung fondasi) terhadap pusat fondasi adalah $B_y/2 = 10 \text{ m} / 2 = 5 \text{ m}$. Momen penahan guling didapatkan dari rumus berikut:

$$M_p = P * (B_y / 2) * (1 + k)$$

k = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_y = Momen penyebab guling

Angka aman terhadap guling:

$$SF = M_p / M_y$$

$$SF \geq 2,2$$

Berikut adalah rekap dari perhitungan angka keamanan terhadap guling arah melintang jembatan:

Tabel 5.66 Hasil Perhitungan SF dari Guling Arah Melintang Jembatan

No	Kombinasi Beban	k	P (kN)	M_y (kNm)	M_{py} (kNm)	SF	Ket
1	Kombinasi 1	0%	9746,29	0,00	48731,43		
2	Kombinasi 2	25%	9746,29	0,00	60914,28		
3	Kombinasi 3	25%	9758,87	206,58	60992,97	295,25	OK
4	Kombinasi 4	40%	9758,87	206,58	68312,12	330,68	OK
5	Kombinasi 5	50%	8861,91	6597,15	66464,34	10,07	OK
6	Kombinasi 6	30%	8861,91	0,00	57602,43		
7	Kombinasi 7	50%	9746,29	0,00	73097,14		

12. Kontrol Stabilitas Geser

12.1 Stabilitas Geser Arah Memanjang Jembatan

Parameter tanah dasar *Pilecap* :

Sudut geser tanah (ϕ) = 0°

Kohesi (c) = 15,64 kPa

Ukuran dasar *Pilecap* = $B_x = 6,00$ m

$B_y = 10,00$ m

Gaya penahan geser :

$$H = (c * B_x * B_y + P * \tan \phi) * (1 + k)$$

k = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_y = Momen penyebab guling

Angka aman terhadap guling :

$$SF = H / T_x$$

$$SF \geq 1,1$$

Berikut adalah rekap dari perhitungan angka keamanan terhadap geser arah memanjang jembatan:

Tabel 5.67 Hasil Perhitungan SF dari Geser Arah Memanjang Jembatan

No	Kombinasi Beban	k	T _x (kN)	P (kN)	H (kN)	SF	Ket
1	Kombinasi 1	0%	250,00	9746,29	1791,09	7,16	OK
2	Kombinasi 2	25%	466,12	9746,29	2238,86	4,80	OK
3	Kombinasi 3	25%	456,56	9758,87	2240,24	4,91	OK
4	Kombinasi 4	40%	466,12	9758,87	2509,07	5,38	OK
5	Kombinasi 5	50%	1628,38	8861,91	2570,58	1,58	OK
6	Kombinasi 6	30%	0,00	8861,91	2227,83		
7	Kombinasi 7	50%	456,56	9746,29	2686,63	5,88	OK

12.2 Stabilitas Geser Arah Melintang Jembatan

Parameter tanah dasar *Pilecap* :

Sudut geser tanah (ϕ) = 0°

Kohesi (c) = 15,64 kPa

Ukuran dasar *Pilecap* = $B_x = 6,00$ m

$B_y = 10,00$ m

Gaya penahan geser :

$$H = (c * B_x * B_y + P * \tan \phi) * (1 + k)$$

k = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_y = Momen penyebab guling

Angka aman terhadap guling:

$$SF = H / T_y$$

$$SF \geq 1,1$$

Berikut adalah rekap dari perhitungan angka keamanan terhadap geser arah melintang jembatan:

Tabel 5.68 Hasil Perhitungan SF dari Geser Arah Melintang Jembatan

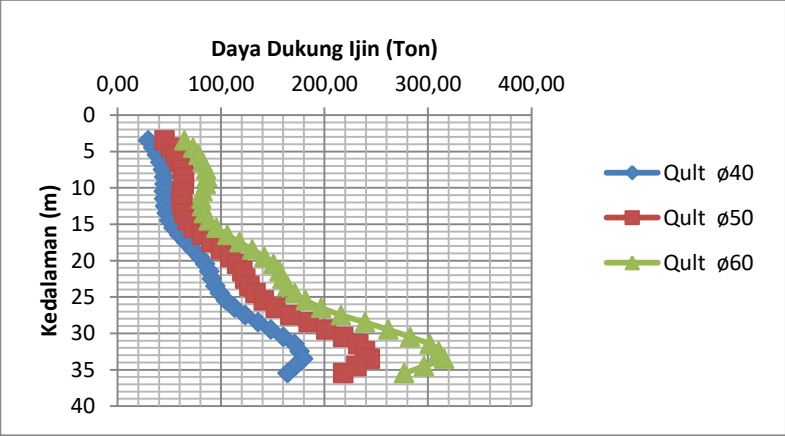
No	Kombinasi Beban	k	Ty (kN)	P (kN)	H (kN)	SF	Ket
1	Kombinasi 1	0%	0,00	9746,29	1791,09		
2	Kombinasi 2	25%	0,00	9746,29	2238,86		
3	Kombinasi 3	25%	25,36	9758,87	2240,24	88,34	OK
4	Kombinasi 4	40%	25,36	9758,87	2509,07	98,94	OK
5	Kombinasi 5	50%	1628,38	8861,91	2570,58	1,58	OK
6	Kombinasi 6	30%	0,00	8861,91	2227,83		
7	Kombinasi 7	50%	0,00	9746,29	2686,63		

C. Perencanaan Tiang Pancang

Pada Tugas Akhir ini, diameter tiang pancang yang direncanakan adalah diameter 40 cm, 50 cm, dan 60 cm. Berikut adalah perhitungan perencanaan tiang pancang:

1. Daya Dukung Tanah

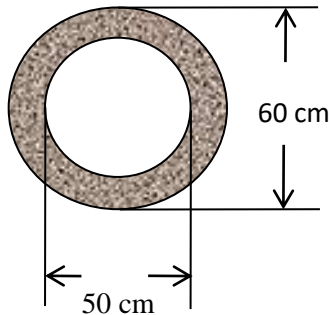
Nilai daya dukung tanah ini didapatkan dari data N-spt dan diameter tiang yang direncanakan. Grafik daya dukung tanah dapat dilihat pada **Gambar 5.46** di bawah ini.



Gambar 5.46 Grafik Daya Dukung Tanah

2. Data Spesifikasi Tiang Pancang dan Dimensi *Pilecap*

Spesifikasi tiang pancang untuk abutment jembatan diambil berdasarkan dari brosur PT. Wika. Spesifikasi tiang pancang dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan tiang pancang dengan diameter 60 cm.

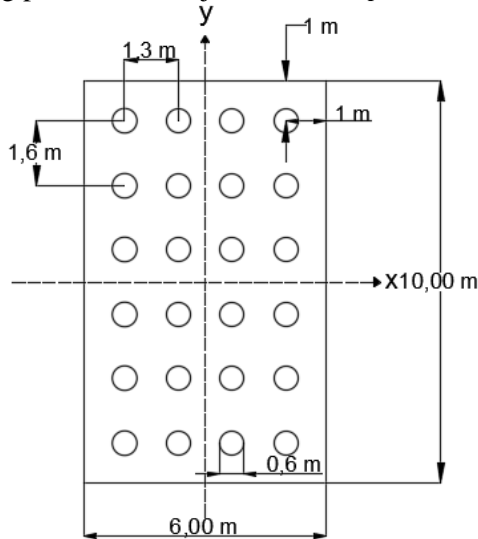


Gambar 5.47 Diameter Tiang Pancang untuk abutment Jembatan

- Diameter luar (d_2) = 60 cm
- Tebal = 10 cm
- Diameter dalam (d_1) = 50 cm
- Kelas = C
- Mutu beton = K-600
- f_c' = 49,8 MPa
- Allowable axial = 229,5 ton
- Bending moment crack = 29 t.m
- Bending moment ultimate = 58 t.m
- E = $4700 \times \sqrt{f_c'}$
 $= 33167,48 \text{ MPa}$
 $= 331674,84 \text{ kg/cm}^2$
- Momen Inersia (I) = $1/64 \times \pi \times (d_2^4 - d_1^4)$
 $= 329376,35 \text{ cm}^4$

3. Perencanaan Konfigurasi Tiang Pancang

Berikut adalah perhitungan untuk perencanaan konfigurasi tiang pancang pada abutment jembatan *overpass* Mungkung:



Gambar 5.48 Konfigurasi Tiang Pancang pada Abutment

- Jumlah tiang pancang = 24 buah
- n arah x (m) = 4 buah
- n arah y (n) = 6 buah
- $L_{Pilecap}$ arah x = 6 m
- $L_{Pilecap}$ arah y = 10 m
- Jarak antar tiang arah x = 1,3 m
- Jarak antar tiang arah y = 1,6 m
- Jarak tiang ke sisi terluar (s) = 1 m

Hasil perhitungan kombinasi tiang pancang untuk setiap diameter tiang pancang yang direncanakan, yaitu D40, D50, dan D60 dapat dilihat pada **Tabel 5.69**.

Tabel 5.69 Hasil Perhitungan Kombinasi Tiang Pancang D40, D50, dan D60

Diameter Tiang Pancang (m)	m	n	Total	S _m (m)	S _n (m)	Jarak Pancang ke Tepi m (m)	Jarak Pancang ke Tepi n (m)
0,4	5	8	40	1,1	1,2	0,8	0,8
0,5	4	7	28	1,3	1,3	1	1
0,6	4	6	24	1,3	1,6	1	1

Efisiensi tiang pancang dalam group (μ):

$$\mu = 1 - \frac{\arctan(D/s)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$\mu = 1 - \frac{\arctan(0,6/1,6)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{4} - \frac{1}{6}\right)$$

$$\mu = 0,638$$

$$\begin{aligned} P_{ijin} \text{ 1 tiang dalam group} &= P_{ijin} \times \mu \\ &= 216,04 \text{ ton} \times 0,638 \\ &= 137,91 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$P_{max} = \frac{P}{n} + \frac{M_y * X_{max}}{\sum n X_i^2} + \frac{M_x * Y_{max}}{\sum n Y_i^2}$$

$$P_{min} = \frac{P}{n} - \frac{M_y * X_{max}}{\sum n X_i^2} - \frac{M_x * Y_{max}}{\sum n Y_i^2}$$

Tabel 5.70 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum yang diterima
Satu Tiang Bor D40

No	Kombinasi Beban	P (ton)	Mx (tm)	My (tm)	P/n (ton)	$M_y.x/\sum y^2$ (ton)	$M_x.y/\sum x^2$ (ton)	Pmax (ton)	Pmin (ton)
1	Kombinasi 1	974,63	-522,91	0,00	24,37	0,00	-7,26	31,63	17,10
2	Kombinasi 2	974,63	-387,96	0,00	24,37	0,00	-5,39	29,75	18,98
3	Kombinasi 3	975,89	-394,97	20,66	24,40	0,47	-5,49	30,35	18,44
4	Kombinasi 4	975,89	-388,09	20,66	24,40	0,47	-5,39	30,26	18,54
5	Kombinasi 5	886,19	-79,35	659,71	22,15	14,99	-1,10	38,25	6,06
6	Kombinasi 6	886,19	-739,07	0,00	22,15	0,00	-10,26	32,42	11,89
7	Kombinasi 7	974,63	-394,85	0,00	24,37	0,00	-5,48	29,85	18,88

Tabel 5.71 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum yang diterima
Satu Tiang Bor D50

No	Kombinasi Beban	P (ton)	Mx (tm)	My (tm)	P/n (ton)	$M_y.x/\sum y^2$ (ton)	$M_x.y/\sum x^2$ (ton)	Pmax (ton)	Pmin (ton)
1	Kombinasi 1	974,63	-522,91	0,00	34,81	0,00	-10,50	45,31	24,30
2	Kombinasi 2	974,63	-387,96	0,00	34,81	0,00	-7,79	42,60	27,01
3	Kombinasi 3	975,89	-394,97	20,66	34,85	0,66	-7,93	43,45	26,25
4	Kombinasi 4	975,89	-388,09	20,66	34,85	0,66	-7,80	43,31	26,39
5	Kombinasi 5	886,19	-79,35	659,71	31,65	21,21	-1,59	54,45	8,85
6	Kombinasi 6	886,19	-739,07	0,00	31,65	0,00	-14,85	46,50	16,80
7	Kombinasi 7	974,63	-394,85	0,00	34,81	0,00	-7,93	42,74	26,88

Tabel 5.72 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum yang diterima
Satu Tiang Bor D60

No	Kombinasi Beban	P (ton)	Mx (tm)	My (tm)	P/n (ton)	$M_y.x/\sum y^2$ (ton)	$M_x.y/\sum x^2$ (ton)	Pmax (ton)	Pmin (ton)
1	Kombinasi 1	974,63	-522,91	0,00	40,61	0,00	-11,67	52,28	28,94
2	Kombinasi 2	974,63	-387,96	0,00	40,61	0,00	-8,66	49,27	31,95
3	Kombinasi 3	975,89	-394,97	20,66	40,66	0,77	-8,82	50,25	31,07

4	Kombinasi 4	975,89	-388,09	20,66	40,66	0,77	-8,66	50,10	31,22
5	Kombinasi 5	886,19	-79,35	659,71	36,92	24,74	-1,77	63,44	10,41
6	Kombinasi 6	886,19	-739,07	0,00	36,92	0,00	-16,50	53,42	20,43
7	Kombinasi 7	974,63	-394,85	0,00	40,61	0,00	-8,81	49,42	31,80

Tabel 5.73 Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor D40

No	% Pijin	Pijin (ton)	Pbeban (ton)	Pijin x % (ton)	Keterangan
1	100%	105,36	31,63	105,36	OK!
2	125%	105,36	29,75	131,70	OK!
3	125%	105,36	30,35	131,70	OK!
4	140%	105,36	30,26	147,50	OK!
5	150%	105,36	38,25	158,04	OK!
6	130%	105,36	32,42	136,96	OK!
7	150%	105,36	29,85	158,04	OK!

Tabel 5.74 Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor D50

No	% Pijin	Pijin (ton)	Pbeban (ton)	Pijin x % (ton)	Keterangan
1	100%	138,10	45,31	138,10	OK
2	125%	138,10	42,60	172,62	OK
3	125%	138,10	43,45	172,62	OK
4	140%	138,10	43,31	193,34	OK
5	150%	138,10	54,45	207,15	OK
6	130%	138,10	46,50	179,53	OK
7	150%	138,10	42,74	207,15	OK

Tabel 5.75 Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor D60

No	% Pijin	Pijin (ton)	Pbeban (ton)	Pijin x % (ton)	Keterangan
1	100%	137,91	52,28	137,91	OK!
2	125%	137,91	49,27	172,39	OK!
3	125%	137,91	50,25	172,39	OK!
4	140%	137,91	50,10	193,08	OK!
5	150%	137,91	63,44	206,87	OK!
6	130%	137,91	53,42	179,28	OK!
7	150%	137,91	49,42	206,87	OK!

4. Kontrol Tiang Pancang

Kontrol tiang pancang berfungsi untuk memastikan tiang pancang yang telah direncanakan di atas tidak mengalami geser lateral dan tidak mengalami *crack* akibat momen. Berikut adalah perhitungan kontrol geser lateral dan *crack* momen untuk diameter tiang pancang 60 cm.

- Mencari Harga f

Harga f didapatkan melalui grafik dari NAVFAC DM-7 (**Gambar 2.24**). Parameter yang diperlukan untuk mendapatkan f adalah:

$$C_u = 0,339 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_u = 2 \times C_u = 2 \times 0,339 \text{ kg/cm}^2 = 0,678 \text{ kg/cm}^2 = 0,694 \text{ t/ft}^2$$

dari grafik NAVFAC didapatkan nilai $f = 4 \text{ ton/ft}^2$

$$f = 4 \text{ ton/ft}^2 \times 0,032 = 0,128 \text{ kg/cm}^2$$

- Mencari nilai T

$$T = (EI/f)^{1/5}$$

Mutu beton K-600

$$f'_c = 0,83 \times 600 \times 9,81 / 100 = 48,9 \text{ MPa}$$

$$E = 4700 \times \sqrt{f'_c} = 4700 \times \sqrt{48,9} = 331675 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 329376,4 \text{ cm}^4$$

$$\text{Maka, } T = 243,35 \text{ cm} = 2,43 \text{ m}$$

- Mencari F_δ dan F_M

Untuk mencari nilai F_δ dan F_M digunakan kurva NAVFAC yang dapat dilihat pada **Gambar 2.22**. Parameter yang diperlukan adalah nilai L/T dan nilai z yang ditetapkan pada kedalaman 0 m ($z = 0$). Dimana L = panjang tiang pancang yang digunakan. $L/T = 27,5 \text{ m}/2,43 \text{ m} = 11,30$. Dari kurva NAVFAC didapatkan; $F_\delta = 0,9$ dan $F_M = 0,9$

- Perhitungan Geser Lateral

Geser lateral dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\delta = F_\delta \left(\frac{PT^3}{EI} \right)$$

Dimana:

$P = H_{\max}/n$

H_{\max} = gaya horizontal maksimum

n = jumlah tiang pancang

$\delta \leq 1 \text{ inch (2,54 cm)}$

Didapatkan $\delta = 0,81 \text{ cm} < 2,54 \text{ cm}$

Maka tiang pancang rencana aman dari geser lateral

- Perhitungan Momen Maksimum

Momen maksimum dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$M_{p\max} = fm \times P \times T$$

Dimana:

$P = H_{\max}/n$

H_{\max} = gaya horizontal maksimum

n = jumlah tiang pancang

$M_{p\max} < \text{Momen crack bahan}$

Didapatkan $M_{p\max} = 14,86 \text{ t.m} < 29 \text{ t.m (} M_{\text{crack bahan}} \text{)}$

Hasil perhitungan kontrol geser lateral untuk setiap diameter tiang pancang yang direncanakan dapat dilihat pada **Tabel 5.76** Hasil perhitungan kontrol momen terhadap momen *crack* bahan untuk setiap diameter tiang pancang yang direncanakan dapat dilihat pada **Tabel 5.77** s/d **Tabel 5.79**.

Tabel 5.76 Hasil Perhitungan Kontrol Geser Lateral

Diameter Tiang Pancang (m)	Geser Lateral (cm)	Geser Lateral yang diijinkan (cm)	Keterangan
0,4	0,89	2,54	OK
0,5	0,90	2,54	OK
0,6	0,81	2,54	OK

Tabel 5.77 Hasil Perhitungan Kontrol Momen D40

No	%Mijin	Mcrack (tm)	P (ton)	Mp (tm)	Keterangan
1	100%	9,00	0,63	1,01	OK
2	125%	11,25	1,17	1,88	OK
3	125%	11,25	1,14	1,84	OK
4	140%	12,60	1,17	1,88	OK
5	150%	13,50	4,07	6,56	OK
6	130%	11,70	0,00	0,00	OK
7	150%	13,50	1,14	1,84	OK

Tabel 5.78 Hasil Perhitungan Kontrol Momen D50

No	%Mijin	Mcrack (tm)	P (ton)	Mp (tm)	Keterangan
1	100%	17,00	0,89	1,71	OK
2	125%	21,25	1,66	3,19	OK
3	125%	21,25	1,63	3,12	OK
4	140%	23,80	1,66	3,19	OK
5	150%	25,50	5,82	11,13	OK
6	130%	22,10	0,00	0,00	OK
7	150%	25,50	1,63	3,12	OK

Tabel 5.79 Hasil Perhitungan Kontrol Momen D60

No	%Mijin	Mcrack (tm)	P (ton)	Mp (tm)	Keterangan
1	100%	29,00	1,04	2,28	OK
2	125%	36,25	1,94	4,25	OK
3	125%	36,25	1,90	4,17	OK
4	140%	40,60	1,94	4,25	OK
5	150%	43,50	6,78	14,86	OK
6	130%	37,70	0,00	0,00	OK
7	150%	43,50	1,90	4,17	OK

D. Penentuan Tiang Pancang yang Digunakan

Pada perencanaan tiang pancang untuk abutment, direncanakan tiang pancang dengan diameter 0,4 m, 0,5 m, dan 0,6 m. Dengan menggunakan brosur harga tiang pancang pada **Lampiran 1** dan berdasarkan kebutuhan tiang pancang yang digunakan seperti pada **Tabel 5.69**, maka didapatkan hasil biaya untuk masing-masing diameter tiang pancang yang direncanakan. Hasil perhitungan biaya untuk masing-masing diameter tiang pancang dapat dilihat pada **Tabel 5.80**.

Tabel 5.80 Total Kebutuhan dan Biaya Tiang Pancang

D (m)	Kedalaman (m)	Jumlah	Kebutuhan Tiang Pancang			Total Biaya
			9 m	12 m	15 m	
0,4	30,5	40	160			Rp608.000.000
0,5	30,5	28		84		Rp462.000.000
0,6	27,5	24			48	Rp321.600.000

Penentuan tiang pancang yang digunakan berdasarkan biaya yang paling ekonomis. Berdasarkan perhitungan biaya pada **Tabel 5.80** di atas, maka untuk abutment digunakan tiang pancang dengan diameter 0,6 m.

E. Perhitungan Penulangan Abutment

• *Pilecap*

Direncanakan penulangan bagian *pilecap* pada abutment menggunakan diameter tulangan vertikal 25 mm dan diameter tulangan horizontal 16 mm. Kekuatan leleh tulangan (f_y) adalah 390 MPa dan kekuatan tekan beton (f'_c) adalah K-600 atau 49,8 MPa. Tebal selimut beton adalah 100 mm. Berikut ini adalah beban *ultimate* yang terjadi pada bagian *pilecap* abutment.

1. Akibat Berat *Pilecap* :

$$W_s = 126750 \text{ kg}$$

$$M_s = 153790 \text{ kgm}$$

2. Akibat P_{\max} Tiang Pancang :

$$W_p = 282875,57 \text{ kg}$$

$$M_p = 452600,91 \text{ kgm}$$

Didapatkan momen *ultimate*, M_u/L (lebar) = 29881,09 kgm

$$d = 1100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} dx &= d - 0,5 D - \emptyset \\ &= 1100 \text{ mm} - (0,5 \times 25 \text{ mm}) - 16 \text{ mm} \\ &= 1071 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,056$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,042$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 0,004$$

$$M_n = M_u/\emptyset = 373,51 \text{ kgm}$$

$$R_n = M_n/(b \cdot d^2) = 0,033$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c}} \right) = 0,0001$$

$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$, maka digunakan ρ_{\min}

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d_x = 38464,10 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D25-125 ($A_s = 39269,91 \text{ mm}^2$)

Untuk tulangan bagi dipakai 20% $A_s = 7692,82 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D16-250 ($A_s = 8042,48 \text{ mm}^2$)

- **Breast Wall**

Direncanakan penulangan bagian *breast wall* pada abutment menggunakan diameter tulangan vertikal 25 mm dan diameter tulangan horizontal 16 mm. Kekuatan leleh tulangan (f_y) adalah 390 MPa dan kekuatan tekan beton (f'_c) adalah K-600 atau 49,8 MPa. Tebal selimut beton adalah 75 mm. Berikut ini adalah beban *ultimate* yang terjadi pada bagian *breast wall* abutment.

Beban Gempa :

$$T_{eq} = 553,84 \text{ kN}$$

$$M_{eq} = 2184,42 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen } ultimate (M_u) = 2184,42 \text{ kNm}$$

$$d = 925 \text{ mm}$$

$$dx = d - 0,5 D - \emptyset$$

$$= 925 \text{ mm} - (0,5 \times 25 \text{ mm}) - 16 \text{ mm}$$

$$= 896,5 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,056$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,042$$

$$\rho_{min} = 1,4/f_y = 0,004$$

$$M_n = M_u/\emptyset = 1864,538 \text{ kNm}$$

$$R_n = M_n/(b \cdot d^2) = 0,319$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right) = 0,001$$

$$\rho_{min} > \rho_{perlu}, \text{ maka digunakan } \rho_{min}$$

$$As \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d_x = 32182,05 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan D25-150}(As = 32397,67 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Untuk tulangan bagi dipakai } 20\% As = 6436,41 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan D16-300}(As = 6635,04 \text{ mm}^2)$$

- **Back Wall**

Direncanakan penulangan bagian *back wall* pada abutment menggunakan diameter tulangan vertikal 16 mm dan diameter tulangan horizontal 13 mm. Kekuatan leleh tulangan (f_y) adalah 390 MPa dan kekuatan tekan beton (f'_c) adalah K-600 atau 49,8

MPa. Tebal selimut beton adalah 75 mm. Berikut ini adalah beban *ultimate* yang terjadi pada bagian *back wall* abutment.

Beban Gempa :

$$T_{eq} = 35,72 \text{ kN}$$

$$M_{eq} = 26,53 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen } ultimate (Mu) = 26,53 \text{ kNm}$$

$$d = 475 \text{ mm}$$

$$dx = d - 0,5 D - \emptyset$$

$$= 475 \text{ mm} - (0,5 \times 16 \text{ mm}) - 13 \text{ mm}$$

$$= 454 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,056$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,042$$

$$\rho_{min} = 1,4/f_y = 0,004$$

$$Mn = Mu/\emptyset = 33,165 \text{ kNm}$$

$$Rn = Mn/(b \cdot d^2) = 0,015$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f_c}} \right) = 0,00004$$

$$\rho_{min} > \rho_{perlu}, \text{ maka digunakan } \rho_{min}$$

$$As \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d_x = 17051,28 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan D16-115} (As = 17090,26 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Untuk tulangan bagi dipakai } 20\% As = 2689,08 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan D13-75} (As = 2920,11 \text{ mm}^2)$$

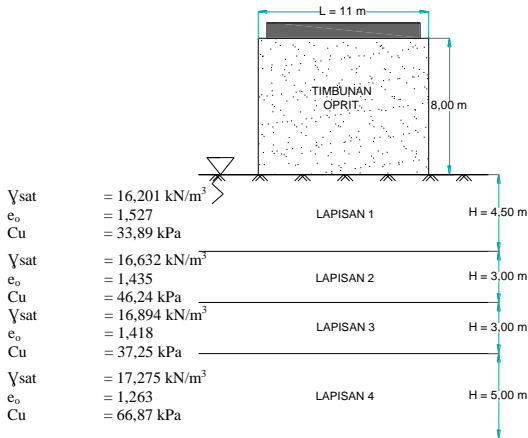
BAB VI

PERHITUNGAN PERENCANAAN TIMBUNAN OPRIT

Perencanaan timbunan oprit pada sisi utara dan sisi selatan jembatan *overpass* Mungkung adalah dengan timbunan tegak. Perencanaan timbunan tegak dilakukan pada oprit sepanjang 160 meter sebelum abutment pada masing-masing sisi jembatan, yaitu sisi utara dan sisi selatan. Tinggi timbunan tegak tertinggi pada sisi utara dan sisi selatan jembatan direncanakan setinggi 8 m. Dengan tinggi perencanaan timbunan tegak seperti itu, timbunan akan rawan longsor karena pada timbunan tegak tidak memiliki kemiringan lereng pada sisi utara dan selatan. Karena tinggi rencana timbunan oprit dan data tanah yang digunakan adalah sama, maka dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan perhitungan pada salah satu sisi, yaitu sisi selatan jembatan.

Lapisan tanah asli pada **Lampiran 1** yaitu *borlog* BH-1 dapat dilihat bahwa lapisan tanah asli yang mudah memampat (*compressible*) adalah sedalam 16 m. Selanjutnya di bawah 16 m, lapisan tanah asli memiliki konsistensi tanah keras (*stiff to very stiff soil*). Suatu lapisan tanah asli berupa tanah lempung (*clay*) atau lanau dengan konsistensi sangat lunak, lunak, dan menengah (*very soft to medium stiff soil*) akan mudah memampat (*compressible*) apabila menerima beban di atasnya akibat timbunan tanah, bangunan, maupun kendaraan.

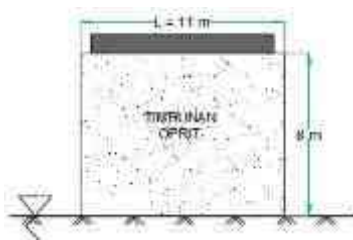
Berdasarkan hasil analisa dari data tanah *borlog* BH-1, didapatkan bahwa lapisan tanah dasar dibagi menjadi 4 lapisan tanah dengan masing-masing memiliki kedalaman lapisan yang berbeda. Pembagian lapisan tanah dasar dapat dilihat pada **Gambar 6.1**, dimana untuk perhitungan analisa berikutnya akan ditinjau tiap kedalaman (H) = 1 m.



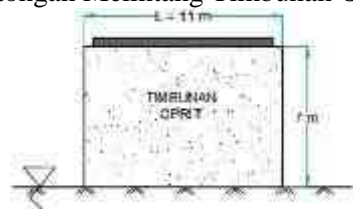
Gambar 6.1 Potongan Melintang Timbunan Oprit dan Lapisan Tanah Dasar

6.1 Perhitungan Tinggi Awal ($H_{inisial}$) Timbunan Oprit

Dalam Tugas Akhir ini, $H_{inisial}$ yang direncanakan adalah untuk H_{final} 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, 7 m, dan 8 m dapat dilihat pada **Gambar 6.2** s/d **6.7** Untuk mendapatkan kedalaman PVD optimum pada perhitungan selanjutnya, dilakukan variasi kedalaman H_{dr} . Kedalaman H_{dr} pada tanah asli yang direncanakan bervariasi yaitu sedalam 1/3 tanah lunak, 2/3 tanah lunak, dan sedalam tanah lunak. Perencanaan $H_{inisial}$ memperhitungkan beban perkerasan dan beban lalu lintas. Tinggi perkerasan diasumsikan setinggi 0,6 m (*surface* 0,1 m; *base course* 0,2 m; dan *subbase course* 0,3 m) dan nilai beban lalu lintas (*traffic*) menggunakan kurva hubungan antara tebal timbunan dengan intensitas beban yang bersesuaian dengan beban *traffic* (*Japan Road Association* 1986). $H_{perkerasan}$ dan $H_{traffic}$ ini direncanakan sebagai $H_{preload}$ yang di mana nantinya setelah waktu konsolidasi pada penimbunan selesai, maka $H_{preload}$ ini menjadi $H_{bongkar}$ untuk mendapatkan H_{final} yang telah direncanakan.



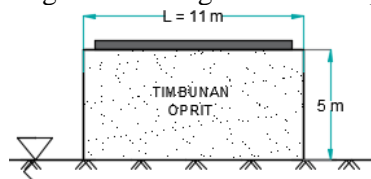
Gambar 6.2 Potongan Melintang Timbunan Oprit Setinggi 8 m



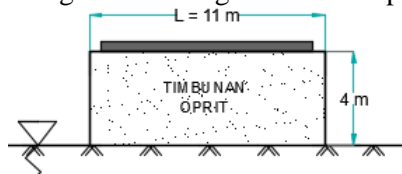
Gambar 6.3 Potongan Melintang Timbunan Oprit Setinggi 7 m



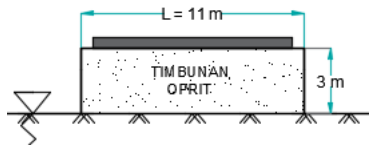
Gambar 6.4 Potongan Melintang Timbunan Oprit Setinggi 6 m



Gambar 6.5 Potongan Melintang Timbunan Oprit Setinggi 5 m



Gambar 6.6 Potongan Melintang Timbunan Oprit Setinggi 4 m

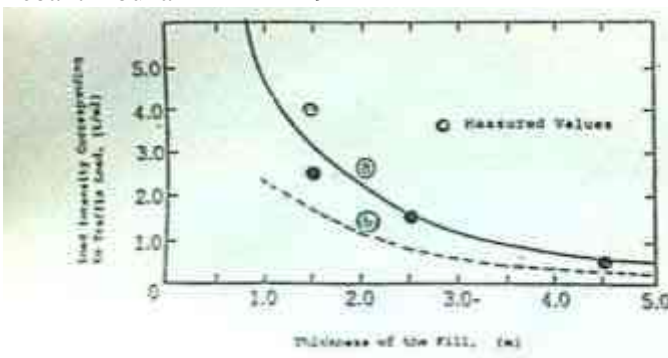


Gambar 6.7 Potongan Melintang Timbunan Oprit Setinggi 3 m

Berikut adalah contoh perhitungan *settlement* akibat timbunan oprit $H_{\text{final}} = 8$ m pada sisi selatan jembatan *overpass* Mungkung:

- Mencari $H_{\text{perkerasan}}$:
 Tebal perkerasan $= 0,6$ m
 $q_{\text{perkerasan}} = 2,2 \text{ t/m}^3 \times 0,6 \text{ m}$
 $= 1,32 \text{ t/m}^2$
 $H_{\text{perkerasan}} = \frac{1,32 \text{ t/m}^2}{1,8 \text{ t/m}^3}$
 $= 0,733 \text{ m}$

- Mencari H_{traffic} :
 Tebal timbunan $= 9 \text{ m}$



Gambar 6.8 Kurva Hubungan antara Tebal Timbunan dengan Intensitas Beban yang bersesuaian dengan Beban *Traffic* (Japan Road Association 1986)

$$\begin{aligned}
 q_{\text{traffic}} &= 0,4 \text{ t/m}^2 \\
 H_{\text{traffic}} &= \frac{0,4 \text{ t/m}^2}{1,8 \text{ t/m}^2} \\
 &= 0,222 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{total}} &= H_{\text{timbunan}} + H_{\text{perkerasan}} + H_{\text{traffic}} \\
 &= 9 \text{ m} + 0,733 \text{ m} + 0,222 \text{ m} \\
 &= 9,956 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{\text{total}} &= \gamma_{\text{timbunan}} \times H_{\text{total}} \\
 &= 1,8 \text{ t/m}^3 \times 9,956 \text{ m} \\
 &= 17,920 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama, didapatkan q_{total} untuk masing-masing H_{timbunan} yang ditampilkan pada **Tabel 6.1**.

Tabel 6.1 Variasi Beban Timbunan (q) untuk masing-masing H_{timbunan}

H_{traffic} (m)	$H_{\text{perkerasan}}$ (m)	$H_{\text{beban timbunan}}$ (m)	H_{timbunan} (m)	q (t/m ²)
0,22	0,733	7	7,96	14,32
0,22	0,733	9	9,96	17,92
0,22	0,733	11	11,96	21,52
0,22	0,733	13	13,96	25,12
0,22	0,733	15	15,96	28,72
0,22	0,733	17	17,96	32,32

Kemudian dihitung tegangan *overburden* efektif (σ'_o) dan distribusi tegangan akibat q_{total} ($\Delta\sigma'$). Berikut adalah contoh perhitungan tegangan *overburden* efektif (σ'_o) akibat timbunan oprit pada sisi selatan jembatan:

- Untuk kedalaman 0-1 m

$$H = 1 \text{ m}$$

$$z = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma'_o &= \gamma' \times z \\
 &= 0,620 \text{ t/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \\
 &= 0,310 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tegangan *overburden* (σ'_o) untuk seluruh kedalaman ditampilkan pada **Tabel 6.2**.

Tabel 6.2 Hasil Perhitungan Tegangan *Overburden* (σ'_o) untuk Tiap Kedalaman

Kedalaman (m)	σ'_o (t/m ²)
0-1	0,310
1-2	0,930
2-3	1,550
3-4	2,170
4-5	2,790
5-6	3,432
6-7	4,095
7-8	4,759
8-9	5,435
9-10	6,124
10-11	6,814
11-12	8,249
12-13	8,977
13-14	9,704
14-15	10,432
15-16	11,159

Besar tegangan akibat beban timbunan ($\Delta\sigma'$) menggunakan **Perumusan 2.4**. Berikut adalah contoh perhitungan tegangan

akibat beban timbunan ($\Delta\sigma'$) timbunan oprit pada sisi selatan akibat q total = 17,920 t/m² :

- Kedalaman 0-1 m :

$$\begin{aligned} z &= 0,50 \text{ m} \\ x &= \frac{\text{lebar jalan rencana}}{2} \\ &= \frac{11,00 \text{ m}}{2} \\ &= 5,50 \text{ m} \\ y &= \infty \\ x/z &= \frac{5,50 \text{ m}}{0,50 \text{ m}} \\ &= 11,00 \\ y/z &= \frac{\infty}{0,5 \text{ m}} \\ &= \infty \end{aligned}$$

Nilai *Influence value* (I) didapat dari kurva faktor pengaruh I untuk timbunan segi empat/tegak. Kurva dapat dilihat pada **Gambar 2.1** pada **Bab II**.

$$\begin{aligned} I &= 0,25 \\ q_0 &= 17,92 \text{ t/m}^2 \\ \Delta\sigma' &= q_0 \times I \\ &= 17,92 \text{ t/m}^2 \times 0,25 \\ &= 4,48 \text{ t/m}^2 \\ 2\Delta\sigma' &= 2 \times 4,48 \text{ t/m}^2 \\ &= 8,96 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

- Kedalaman 1-2 m :

$$\begin{aligned} z &= 1,50 \text{ m} \\ x &= \frac{11,00 \text{ m}}{2} \\ &= 5,50 \text{ m} \\ y &= \infty \\ x/z &= \frac{5,50 \text{ m}}{1,50 \text{ m}} \\ &= 3,00 \\ y/z &= \frac{\infty}{1,5 \text{ m}} \\ &= \infty \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= 0,245 \\
 q_0 &= 17,92 \text{ t/m}^2 \\
 \Delta\sigma' &= q_0 \times I \\
 &= 17,92 \text{ t/m}^2 \times 0,245 \\
 &= 4,39 \text{ t/m}^2 \\
 2\Delta\sigma' &= 2 \times 4,39 \text{ t/m}^2 \\
 &= 8,78 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan $\Delta\sigma'$ untuk semua lapisan tanah dasar untuk oprit timbunan sisi selatan ditampilkan pada tabel - tabel di bawah ini.

Tabel 6.3 Hasil Perhitungan $\Delta\sigma'$ Setiap Lapisan Tanah Dasar untuk H_{dr} 15,5 m

$2\Delta\sigma' \text{ (t/m}^2\text{)}$						
Kedalaman (m)	Htimb = 7,96 m	Htimb = 9,96 m	Htimb = 11,96 m	Htimb = 13,96 m	Htimb = 15,96 m	Htimb = 17,96 m
0-1	7,16	8,96	10,76	12,56	14,36	16,16
1-2	7,02	8,78	10,54	12,31	14,07	15,84
2-3	6,87	8,60	10,33	12,06	13,79	15,51
3-4	6,44	8,06	9,68	11,30	12,92	14,54
4-5	5,87	7,35	8,82	10,30	11,78	13,25
5-6	5,44	6,81	8,18	9,55	10,91	12,28
6-7	4,87	6,09	7,32	8,54	9,76	10,99
7-8	4,58	5,73	6,89	8,04	9,19	10,34
8-9	4,15	5,20	6,24	7,28	8,33	9,37
9-10	3,72	4,66	5,60	6,53	7,47	8,40
10-11	3,44	4,30	5,16	6,03	6,89	7,76
11-12	3,15	3,94	4,73	5,53	6,32	7,11
12-13	3,01	3,76	4,52	5,28	6,03	6,79
13-14	2,72	3,40	4,09	4,77	5,46	6,14
14-15	2,63	3,30	3,96	4,62	5,28	5,95

15-16	2,58	3,23	3,87	4,52	5,17	5,82
-------	------	------	------	------	------	------

Tabel 6.4 Hasil Perhitungan $\Delta\sigma'$ Setiap Lapisan Tanah Dasar untuk H_{dr} 10,4 m

$2\Delta\sigma' \text{ (t/m}^2\text{)}$						
Kedalaman (m)	Htimb = 7,96 m	Htimb = 9,96 m	Htimb = 11,96 m	Htimb = 13,96 m	Htimb = 15,96 m	Htimb = 17,96 m
0-1	7,16	8,96	10,76	12,56	14,36	16,16
1-2	7,02	8,78	10,54	12,31	14,07	15,84
2-3	6,87	8,60	10,33	12,06	13,79	15,51
3-4	6,44	8,06	9,68	11,30	12,92	14,54
4-5	5,87	7,35	8,82	10,30	11,78	13,25
5-6	5,44	6,81	8,18	9,55	10,91	12,28
6-7	4,87	6,09	7,32	8,54	9,76	10,99
7-8	4,58	5,73	6,89	8,04	9,19	10,34
8-9	4,15	5,20	6,24	7,28	8,33	9,37
9-10	3,72	4,66	5,60	6,53	7,47	8,40
10-11	3,44	4,30	5,16	6,03	6,89	7,76

Tabel 6.5 Hasil Perhitungan $\Delta\sigma'$ Setiap Lapisan Tanah Dasar untuk H_{dr} 5,2 m

$2\Delta\sigma' \text{ (t/m}^2\text{)}$						
Kedalaman (m)	Htimb = 7,96 m	Htimb = 9,96 m	Htimb = 11,96 m	Htimb = 13,96 m	Htimb = 15,96 m	Htimb = 17,96 m
0-1	7,16	8,96	10,76	12,56	14,36	16,16
1-2	7,02	8,78	10,54	12,31	14,07	15,84
2-3	6,87	8,60	10,33	12,06	13,79	15,51
3-4	6,44	8,06	9,68	11,30	12,92	14,54
4-5	5,87	7,35	8,82	10,30	11,78	13,25

5-6	5,44	6,81	8,18	9,55	10,91	12,28
-----	------	------	------	------	-------	-------

Selanjutnya dilakukan perhitungan *settlement* yang terjadi akibat setiap q total yang telah dihitung pada **sub-bab 6.1**. Perumusan yang digunakan adalah **Perumusan 2.2** atau **Perumusan 2.3**. Berikut adalah contoh perhitungan *settlement* pada tanah dasar akibat beban timbunan diatasnya sebesar q total $17,92 \text{ t/m}^2$ pada sisi selatan jembatan.

- Kedalaman 0-1 m :

$$H_i = 1 \text{ m}$$

$$C_c = 0,547$$

$$C_s = 0,109$$

$$e_0 = 1,527$$

$$\sigma'_o = 0,310 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta\sigma' = 8,960 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma'_o + \Delta\sigma' = 0,310 \text{ t/m}^2 + 8,960 \text{ t/m}^2$$

$$= 9,270 \text{ t/m}^2$$

$$P \text{ fluktuasi} = 1,5 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_c' = \sigma'_o + P \text{ fluktuasi}$$

$$= 0,310 \text{ t/m}^2 + 1,5 \text{ t/m}^2$$

$$= 1,810 \text{ t/m}^2$$

$$\text{OCR} = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o}$$

$$= \frac{1,810 \text{ t/m}^2}{0,310 \text{ t/m}^2}$$

$$= 5,838 > 1, \text{ maka termasuk } \textit{Over Consolidated (OC)}$$

$\sigma'_o + \Delta\sigma' > \sigma_c' \rightarrow$ maka menggunakan **Perumusan 2.3**, sehingga perumusan S_c :

$$S_c = \left[\frac{H}{1+e_0} C_s \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right] + \left[\frac{H}{1+e_0} C_c \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_c} \right]$$

$$= \left[\frac{1 \text{ m}}{1+1,527} \times 0,109 \times \log \frac{1,810 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}}{0,310 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}} \right] +$$

$$\left[\frac{1 \text{ m}}{1+1,527} \times 0,547 \times \log \frac{9,270 \text{ t/m}^2}{1,810 \text{ t/m}^2} \right]$$

$$= 0,187 \text{ m}$$

- Kedalaman 1-2 m :

$$H_i = 1 \text{ m}$$

$$C_c = 0,547$$

$$C_s = 0,109$$

$$e_0 = 1,527$$

$$\sigma'_o = 0,930 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta\sigma' = 8,781 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma'_o + \Delta\sigma' &= 0,930 \text{ t/m}^2 + 8,781 \text{ t/m}^2 \\ &= 9,711 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$P \text{ fluktuasi} = 1,5 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_c' &= \sigma'_o + P \text{ fluktuasi} \\ &= 0,930 \text{ t/m}^2 + 1,5 \text{ t/m}^2 \\ &= 2,430 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\text{OCR} = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o}$$

$$= \frac{2,430 \text{ t/m}^2}{0,930 \text{ t/m}^2}$$

$$= 2,631 > 1, \text{ maka termasuk } \textit{Over Consolidated (OC)}$$

$\sigma'_o + \Delta\sigma' > \sigma_c' \rightarrow$ maka menggunakan **Perumusan 2.3**, sehingga perumusan S_c :

$$\begin{aligned}S_c &= \left[\frac{H}{1+e_0} C_s \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right] + \left[\frac{H}{1+e_0} C_c \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_c} \right] \\ &= \left[\frac{1 \text{ m}}{1+1,527} \times 0,109 \times \log \frac{2,430 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}}{0,930 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}} \right] + \\ &\quad \left[\frac{1 \text{ m}}{1+1,527} \times 0,547 \times \log \frac{9,711 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}}{2,430 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}} \right] \\ &= 0,148 \text{ m}\end{aligned}$$

Hasil *settlement* tersebut dijumlahkan dengan hasil *settlement* pada masing-masing kedalaman tanah dasar selanjutnya, sehingga didapatkan nilai *settlement* total dari satu q total. Langkah-langkah tersebut diulang dengan menggunakan variasi tinggi timbunan yang berbeda sesuai yang telah ditentukan sebelumnya. Hasil perhitungan *settlement* untuk seluruh lapisan tanah pada oprit timbunan sisi selatan ditampilkan pada tabel – tabel di bawah ini.

Tabel 6.6 Hasil Perhitungan *Settlement* Setiap Lapisan Tanah Dasar untuk H_{dr} 15,5 m

Sc (m)						
Kedala man (m)	Htimb = 7,96 m	Htimb = 9,96 m	Htimb = 11,96 m	Htimb = 13,96 m	Htimb = 15,96 m	Htimb = 17,96 m
0-1	0,167	0,187	0,204	0,218	0,230	0,241
1-2	0,130	0,148	0,164	0,178	0,189	0,200
2-3	0,108	0,126	0,141	0,153	0,165	0,175
3-4	0,090	0,106	0,120	0,132	0,143	0,152
4-5	0,074	0,089	0,102	0,113	0,123	0,132
5-6	0,061	0,074	0,086	0,096	0,105	0,114
6-7	0,049	0,061	0,072	0,081	0,090	0,097
7-8	0,042	0,053	0,062	0,071	0,079	0,087
8-9	0,036	0,046	0,054	0,063	0,070	0,077
9-10	0,029	0,037	0,045	0,053	0,059	0,066
10-11	0,024	0,032	0,039	0,045	0,052	0,057
11-12	0,015	0,021	0,026	0,031	0,035	0,039
12-13	0,013	0,018	0,023	0,027	0,031	0,035
13-14	0,011	0,015	0,019	0,023	0,027	0,030
14-15	0,009	0,013	0,017	0,021	0,024	0,028
15-16	0,009	0,012	0,016	0,019	0,023	0,026
Σ	0,867	1,039	1,190	1,324	1,446	1,557

Tabel 6.7 Hasil Perhitungan *Settlement* Setiap Lapisan Tanah Dasar untuk H_{dr} 10,4 m

Sc (m)						
Kedala man (m)	Htimb = 7,96 m	Htimb = 9,96 m	Htimb = 11,96 m	Htimb = 13,96 m	Htimb = 15,96 m	Htimb = 17,96 m
0-1	0,167	0,187	0,204	0,218	0,230	0,241

1-2	0,130	0,148	0,164	0,178	0,189	0,200
2-3	0,108	0,126	0,141	0,153	0,165	0,175
3-4	0,090	0,106	0,120	0,132	0,143	0,152
4-5	0,074	0,089	0,102	0,113	0,123	0,132
5-6	0,061	0,074	0,086	0,096	0,105	0,114
6-7	0,049	0,061	0,072	0,081	0,090	0,097
7-8	0,042	0,053	0,062	0,071	0,079	0,087
8-9	0,036	0,046	0,054	0,063	0,070	0,077
9-10	0,029	0,037	0,045	0,053	0,059	0,066
10-11	0,024	0,032	0,039	0,045	0,052	0,057
Σ	0,809	0,959	1,089	1,203	1,306	1,398

Tabel 6.8 Hasil Perhitungan *Settlement* Setiap Lapisan Tanah Dasar untuk H_{dr} 5,2 m

Sc (m)						
Kedalaman (m)	H _{timb} = 7,96 m	H _{timb} = 9,96 m	H _{timb} = 11,96 m	H _{timb} = 13,96 m	H _{timb} = 15,96 m	H _{timb} = 17,96 m
0-1	0,167	0,187	0,204	0,218	0,230	0,241
1-2	0,130	0,148	0,164	0,178	0,189	0,200
2-3	0,108	0,126	0,141	0,153	0,165	0,175
3-4	0,090	0,106	0,120	0,132	0,143	0,152
4-5	0,074	0,089	0,102	0,113	0,123	0,132
5-6	0,061	0,074	0,086	0,096	0,105	0,114
Σ	0,630	0,731	0,816	0,890	0,955	1,014

Selanjutnya H_{inisial} didapatkan dengan menggunakan **Perumusan 2.15** dan H_{final} menggunakan **Perumusan 2.16**. Berikut adalah contoh perhitungan H_{inisial} dan H_{final} oprit timbunan:

- Untuk H timbunan : 9,956 m

$$H_{\text{inisial}} = \frac{(q + S_c \times \gamma_w)}{\gamma_{\text{timb}}}$$

$$H_{\text{inisial}} = \frac{17,92 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} + 1,039 \text{ m} \times 1 \text{ t/m}^3}{1,8 \text{ t/m}^3}$$

$$H_{\text{inisial}} = 10,53 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{final}} &= H_{\text{inisial}} - H_{\text{traffic}} - H_{\text{perkerasan}} - S_c \\ &= 10,533 \text{ m} - 0,222 \text{ m} - 0,733 \text{ m} - 1,039 \text{ m} \\ &= 8,538 \text{ m} \end{aligned}$$

- Untuk H timbunan : 11,956 m

$$H_{\text{inisial}} = \frac{(q + S_c \times \gamma_w)}{\gamma_{\text{timb}}}$$

$$H_{\text{inisial}} = \frac{21,52 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} + 1,190 \text{ m} \times 1 \text{ t/m}^3}{1,8 \text{ t/m}^3}$$

$$H_{\text{inisial}} = 12,616 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{final}} &= H_{\text{inisial}} - H_{\text{traffic}} - H_{\text{perkerasan}} - S_c \\ &= 12,616 \text{ m} - 0,222 \text{ m} - 0,733 \text{ m} - 1,190 \text{ m} \\ &= 10,471 \text{ m} \end{aligned}$$

Pada pelaksanaan di lapangan, H_{bongkar} adalah H_{traffic} dan $H_{\text{perkerasan}}$ yang harus dibongkar dari H_{inisial} karena beban lalu lintas/*traffic* dan beban perkerasan sudah bekerja sendiri. Hasil perhitungan H_{inisial} dan H_{final} untuk setiap beban q pada oprit timbunan sisi selatan jembatan ditampilkan pada tabel-tabel di bawah ini.

Tabel 6.9 Hasil Perhitungan H_{inisial} dan H_{final} pada Setiap Beban q Oprit Timbunan, $H_{\text{dr}} = 15,5 \text{ m}$

H timbunan (m)	Q timbunan (t/m ²)	SC (m)	H initial (m)	H traffic (m)	H perkerasan (m)	H final (m)
7,956	14,320	0,867	8,437	0,222	0,733	6,615
9,956	17,920	1,039	10,533	0,222	0,733	8,538
11,956	21,520	1,190	12,616	0,222	0,733	10,471
13,956	25,120	1,324	14,691	0,222	0,733	12,412

15,956	28,720	1,446	16,759	0,222	0,733	14,358
17,956	32,320	1,557	18,820	0,222	0,733	16,308

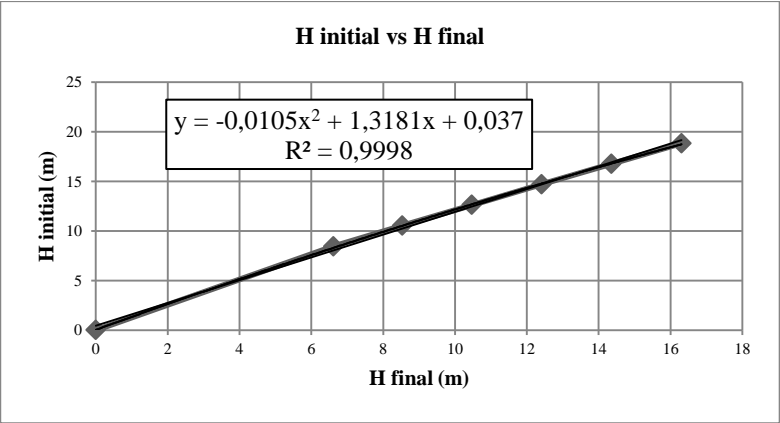
Tabel 6.10 Hasil Perhitungan H_{inisial} dan H_{final} pada Setiap Beban q
Oprit Timbunan, $H_{\text{dr}} = 10,4 \text{ m}$

H timbunan (m)	Q timbunan (t/m ²)	SC (m)	H initial (m)	H traffic (m)	H perkerasan (m)	H final (m)
7,956	14,320	0,809	8,405	0,222	0,733	6,640
9,956	17,920	0,959	10,488	0,222	0,733	8,574
11,956	21,520	1,089	12,560	0,222	0,733	10,516
13,956	25,120	1,203	14,624	0,222	0,733	12,465
15,956	28,720	1,306	16,681	0,222	0,733	14,420
17,956	32,320	1,398	18,732	0,222	0,733	16,378

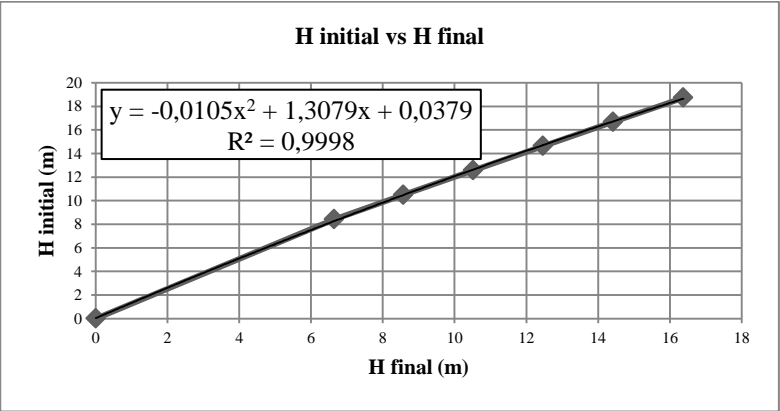
Tabel 6.11 Hasil Perhitungan H_{inisial} dan H_{final} pada Setiap Beban q
Oprit Timbunan, $H_{\text{dr}} = 5,2 \text{ m}$

H timbunan (m)	Q timbunan (t/m ²)	SC (m)	H initial (m)	H traffic (m)	H perkerasan (m)	H final (m)
7,956	14,320	0,630	8,305	0,222	0,733	6,720
9,956	17,920	0,731	10,361	0,222	0,733	8,675
11,956	21,520	0,816	12,409	0,222	0,733	10,637
13,956	25,120	0,890	14,450	0,222	0,733	12,604
15,956	28,720	0,955	16,486	0,222	0,733	14,575
17,956	32,320	1,014	18,519	0,222	0,733	16,549

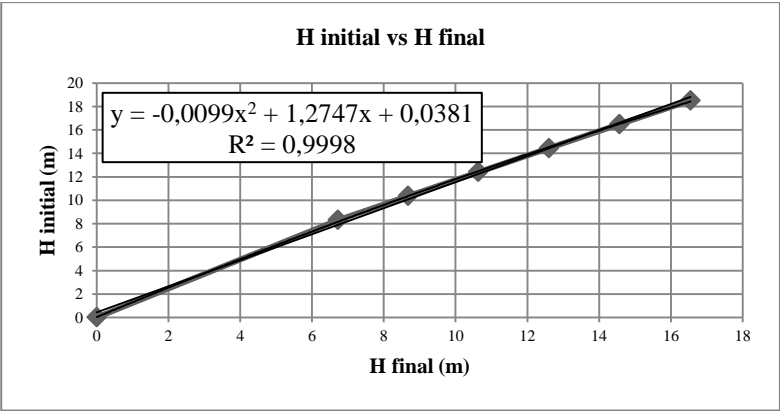
Pada **Gambar 6.9**, **Gambar 6.10**, dan **Gambar 6.11** ditampilkan grafik hubungan antara H_{final} dengan H_{inisial} untuk oprit timbunan sisi selatan jembatan. Dan pada **Gambar 6.12**, **Gambar 6.13**, dan **Gambar 6.14** ditampilkan grafik hubungan antara H_{final} dengan *Settlement* untuk oprit timbunan sisi selatan jembatan.



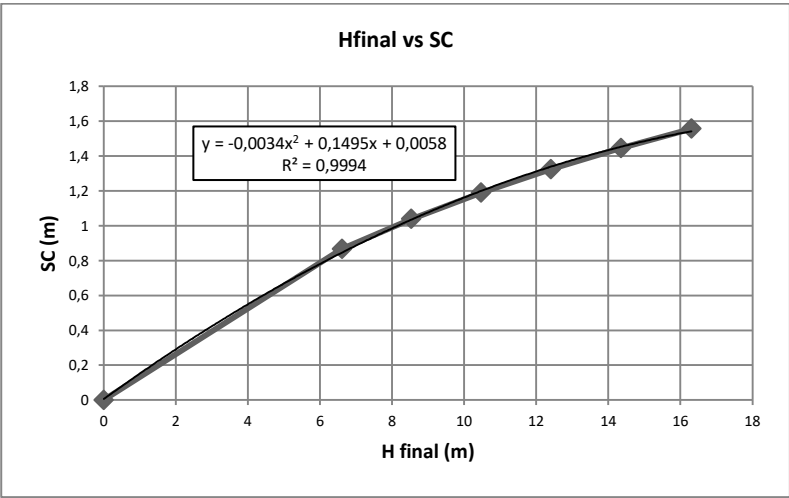
Gambar 6.9 Grafik Hubungan H_{final} dengan H_{inisial} , Hdr = 15,5 m



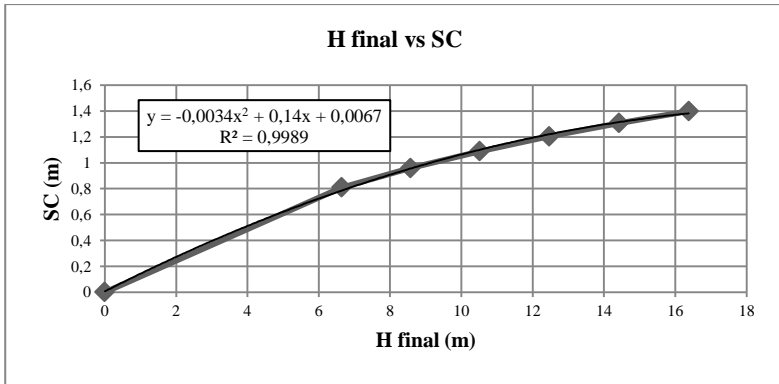
Gambar 6.10 Grafik Hubungan H_{final} dengan H_{inisial} , Hdr = 10,4 m



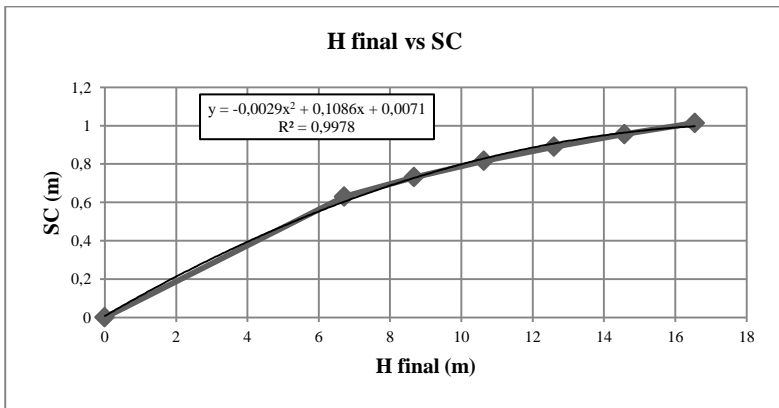
Gambar 6.11 Grafik Hubungan H_{final} dengan H_{initial} , $H_{\text{dr}} = 5,2 \text{ m}$



Gambar 6.12 Grafik Hubungan H_{final} dengan *Settlement*, $H_{\text{dr}} = 15,5 \text{ m}$



Gambar 6.13 Grafik Hubungan H_{final} dengan *Settlement*, $H_{\text{dr}} = 10,4 \text{ m}$



Gambar 6.14 Grafik Hubungan H_{final} dengan *Settlement*, $H_{\text{dr}} = 5,2 \text{ m}$

Dari grafik-grafik di atas dapat ditentukan H_{inisial} dan besar *settlement* yang terjadi untuk setiap H_{final} dan H_{dr} yang telah direncanakan.

Tabel 6.12 H_{inisial} (m) dan Sc (m) untuk $H_{\text{dr}} = 15,5$ m

H_{final} (m)	H_{inisial} (m)	Sc (m)
8	9,9	0,984
7	8,7	0,886
6	7,6	0,780
5	6,4	0,668
4	5,1	0,549
3	3,9	0,424

Tabel 6.13 H_{inisial} (m) dan Sc (m) untuk $H_{\text{dr}} = 10,4$ m

H_{final} (m)	H_{inisial} (m)	Sc (m)
8	9,8	0,909
7	8,7	0,820
6	7,5	0,724
5	6,3	0,622
4	5,1	0,512
3	3,9	0,396

Tabel 6.14 H_{inisial} (m) dan Sc (m) untuk $H_{\text{dr}} = 5,2$ m

H_{final} (m)	H_{inisial} (m)	Sc (m)
8	9,6	0,690
7	8,5	0,625
6	7,3	0,554
5	6,2	0,478
4	5,0	0,395
3	3,8	0,307

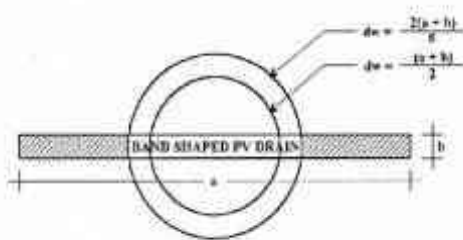
6.2 Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)

Waktu yang dibutuhkan konsolidasi sebesar 90% adalah selama 66,837 tahun. Karena waktu pemampatan yang terjadi

lama, maka diperlukan bantuan *vertical drain* untuk mempercepat waktu konsolidasi tersebut. Jenis *vertical drain* yang digunakan adalah *Prefabricated Vertical Drain* (PVD).

Pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) ini bertujuan untuk mempercepat proses pemampatan konsolidasi, sehingga dapat berlangsung dengan waktu yang relatif singkat.

Perencanaan pola pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dalam Tugas Akhir ini menggunakan pola segitiga dan pola segiempat, dengan jarak antar PVD (s) yang dihitung sebagai alternatif pemasangan adalah 0,8; 0,9; 1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; dan 2 meter. Kedalaman PVD yang direncanakan adalah sedalam tanah lunak, 2/3 kedalaman tanah lunak, dan 1/3 kedalaman tanah lunak. Selanjutnya dari variasi kedalaman PVD tersebut ditentukan kedalaman PVD optimum.



Gambar 6.15 Diameter Lingkaran Ekuivalen untuk PVD

$$\begin{aligned}
 a &= 10 \text{ cm} \\
 b &= 0,5 \text{ cm} \\
 dw &= \frac{2(a+b)}{\pi} \\
 &= \frac{2(10 \text{ cm} + 0,5 \text{ cm})}{\pi} \\
 &= 6,685 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

6.2.1 Perencanaan PVD dengan Pola Segitiga

Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan PVD pola segitiga pada oprit jembatan bagian selatan dengan kedalaman PVD adalah sedalam tanah lunak yaitu 15,5 m:

- Perhitungan Fungsi Hambatan PVD (F(n))

Untuk s = 0,8 m

$$dw = 6,685 \text{ cm}$$

D = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*.

$$= 1,05 \times s$$

$$= 1,05 \times 0,8 \text{ m}$$

$$= 0,84 \text{ m} \times 100 = 84 \text{ cm}$$

$$n = D/dw$$

$$= 84 \text{ cm} / 6,685 \text{ cm}$$

$$= 13$$

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

$$F(n) = \left(\frac{13^2}{13^2 - 1^2} \right) \left[\ln(13) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4 \times 13^2} \right) \right]$$

$$F(n) = 1,791$$

Untuk s = 1,0 m

$$dw = 6,685 \text{ cm}$$

$$D = 1,05 \times s$$

$$= 1,05 \times 1,0 \text{ m}$$

$$= 1,05 \text{ m} \times 100 = 105 \text{ cm}$$

$$n = D/dw$$

$$= 105 \text{ cm} / 6,685 \text{ cm}$$

$$= 16$$

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

$$F(n) = \left(\frac{16^2}{16^2 - 1^2} \right) \left[\ln(16) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4 \times 16^2} \right) \right]$$

$$F(n) = 2,011$$

Hasil perhitungan D, n, dan F(n) untuk setiap jarak antar PVD ditampilkan pada **Tabel 6.15**.

Tabel 6.15 Rekapitulasi Perhitungan D, n, dan F(n) Pola Segitiga

s (m)	D (cm)	n	F(n)
0,8	84	13	1,791
1	105	16	2,011
1,2	126	19	2,192
1,3	136,5	20	2,271
1,4	147	22	2,345
1,6	168	25	2,478
1,8	189	28	2,595
2	210	31	2,700

- Menghitung Derajat Konsolidasi (U) dengan PVD

Untuk s = 0,8 m dan t = 1 minggu :

Tv = faktor waktu

$$= \frac{t \times C_v}{(H_{dr})^2}$$

$$= \frac{1 \text{ minggu} \times 0,05846 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(15,5 \text{ m})^2}$$

$$= 0,0002$$

Uv = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah vertikal

$$= \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$= \left(2 \sqrt{\frac{0,0002}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$= 1,76 \%$$

Ch = 2 x Cv

$$= 2 \times 0,05846 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$= 0,11692 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

Uh = derajat konsolidasi tanah arah horizontal

$$= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{tx8xCh}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right) \right]$$

$$= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{1 \times 8 \times 0,11692}{84^2 \times 2 \times 1,7908 \right)}} \right) \right]$$

$$= 30,93 \%$$

$$\begin{aligned} U \text{ rata-rata} &= (1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)) \times 100\% \\ &= (1 - (1 - 0,3093) \times (1 - 0,0176)) \times 100\% \\ &= 32,150 \% \end{aligned}$$

Untuk s = 1,0 m dan t = 1 minggu :

$$\begin{aligned} T_v &= \text{faktor waktu} \\ &= \frac{t \times C_v}{(H_{dr})^2} \\ &= \frac{1 \text{ minggu} \times 0,05846 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(15,5 \text{ m})^2} \\ &= 0,0002 \end{aligned}$$

U_v = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah vertikal

$$\begin{aligned} &= \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\% \\ &= \left(2 \sqrt{\frac{0,0002}{\pi}} \right) \times 100\% \\ &= 1,76 \% \end{aligned}$$

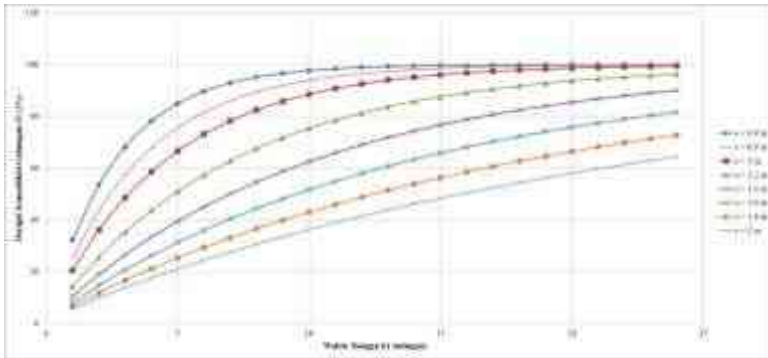
$$\begin{aligned} Ch &= 2 \times C_v \\ &= 2 \times 0,05846 \text{ m}^2/\text{minggu} \\ &= 0,11692 \text{ m}^2/\text{minggu} \end{aligned}$$

U_h = derajat konsolidasi tanah arah horizontal

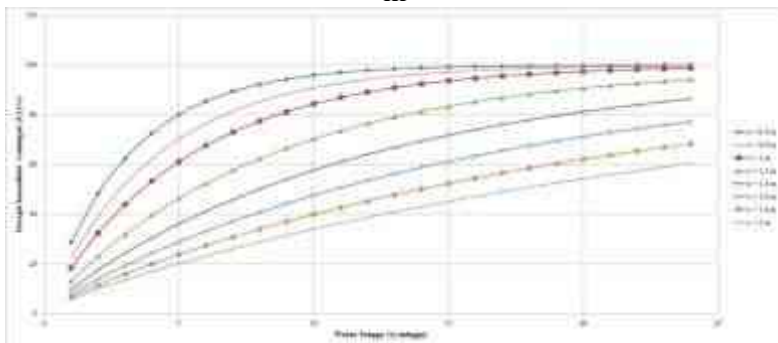
$$\begin{aligned} &= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{t \times 8 \times Ch}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right) \right] \\ &= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{1 \times 8 \times 0,11692}{105^2 \times 2 \times 2,011} \right)}} \right) \right] \\ &= 19,01 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U \text{ rata-rata} &= (1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)) \times 100\% \\ &= (1 - (1 - 0,1901) \times (1 - 0,0176)) \times 100\% \\ &= 20,440 \% \end{aligned}$$

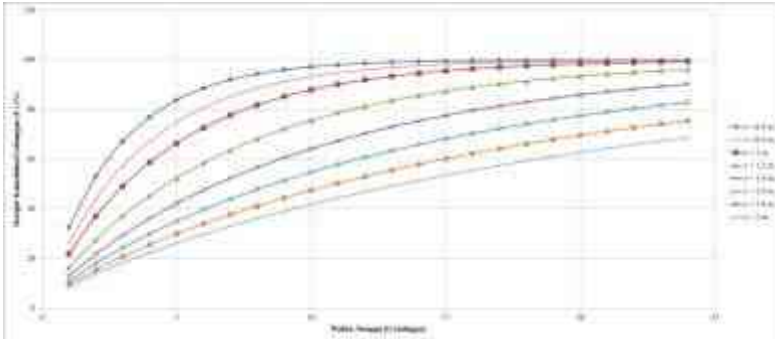
Perhitungan di atas dilakukan untuk seluruh jarak PVD (S). Hasil perhitungan derajat konsolidasi rata-rata (U) untuk pola segitiga pada setiap s dan setiap kedalaman H_{dr} ditampilkan pada **Lampiran 5**. Pada gambar-gambar di bawah ini ditampilkan grafik hubungan waktu dengan derajat konsolidasi dengan menggunakan PVD pola segitiga pada setiap kedalaman H_{dr} yang telah direncanakan.



Gambar 6.16 Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan menggunakan PVD Pola Segitiga, $H_{dr} = 15,5$ m



Gambar 6.17 Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan menggunakan PVD Pola Segitiga, $H_{dr} = 10,4$ m



Gambar 6.18 Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan menggunakan PVD Pola Segitiga, $H_{dr} = 5,2$ m

6.2.2 Perencanaan PVD dengan Pola Segiempat

Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan PVD pola segiempat pada oprit jembatan bagian selatan dengan kedalaman PVD adalah sedalam tanah lunak yaitu 15,5 m :

- Perhitungan Fungsi Hambatan PVD ($F(n)$)

Untuk $s = 0,8$ m

$$dw = 6,685 \text{ cm}$$

D = diameter ekivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*.

$$= 1,13 \times s$$

$$= 1,13 \times 0,8 \text{ m}$$

$$= 0,904 \text{ m} \times 100 = 90,4 \text{ cm}$$

$$n = D/dw$$

$$= 90,4 \text{ cm} / 6,685 \text{ cm}$$

$$= 14$$

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

$$F(n) = \left(\frac{14^2}{14^2 - 1^2} \right) \left[\ln(14) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4 \times 14^2} \right) \right]$$

$$F(n) = 1,863$$

Untuk $s = 1,0$ m

$$dw = 6,685 \text{ cm}$$

$$D = 1,13 \times s$$

$$= 1,13 \times 1,0 \text{ m}$$

$$= 1,13 \text{ m} \times 100 = 113 \text{ cm}$$

$$n = D/dw$$

$$= 113 \text{ cm} / 6,685 \text{ cm}$$

$$= 17$$

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

$$F(n) = \left(\frac{17^2}{17^2 - 1^2} \right) \left[\ln(17) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4 \times 17^2} \right) \right]$$

$$F(n) = 2,084$$

Hasil perhitungan D , n , dan $F(n)$ untuk setiap jarak antar PVD ditampilkan pada **Tabel 6.16**.

Tabel 6.16 Rekapitulasi Perhitungan D , n , dan $F(n)$ Pola Segiempat

S (m)	D (cm)	n	F(n)
0,8	90,4	14	1,863
1	113	17	2,084
1,2	135,6	20	2,265
1,4	158,2	24	2,418
1,6	180,8	27	2,551
1,8	203,4	30	2,668
2	226	34	2,773

- Menghitung Derajat Konsolidasi (U) dengan PVD

Untuk $s = 0,8$ m dan $t = 1$ minggu :

T_v = faktor waktu

$$= \frac{t \times C_v}{(H_{dr})^2}$$

$$= \frac{1 \text{ minggu} \times 0,05846 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(15,5 \text{ m})^2}$$

$$= 0,0002$$

U_v = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah vertikal

$$= \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$= \left(2 \sqrt{\frac{0,0002}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$= 1,76 \%$$

Ch = 2 x C_v

$$= 2 \times 0,05846 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$= 0,11692 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

U_h = derajat konsolidasi tanah arah horizontal

$$= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{tx8xCh}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right) \right]$$

$$= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{1 \times 8 \times 0,11692}{90,4^2 \times 2 \times 1,863} \right)}} \right) \right]$$

$$= 26,44 \%$$

$$U \text{ rata-rata} = (1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)) \times 100\%$$

$$= (1 - (1 - 0,2644) \times (1 - 0,0176)) \times 100\%$$

$$= 27,739 \%$$

Untuk s = 1,0 m dan t = 1 minggu :

T_v = faktor waktu

$$= \frac{t \times C_v}{(H_{dr})^2}$$

$$= \frac{1 \text{ minggu} \times 0,05846 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(15,5 \text{ m})^2}$$

$$= 0,0002$$

U_v = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah vertikal

$$= \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$= \left(2 \sqrt{\frac{0,0002}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$= 1,76 \%$$

$$\text{Ch} = 2 \times \text{Cv}$$

$$= 2 \times 0,05846 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$= 0,11692 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$\text{Uh} = \text{derajat konsolidasi tanah arah horizontal}$$

$$= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{tx8xCh}{D^2x2xF(n)} \right)}} \right) \right]$$

$$= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{1x8x0,11692}{113^2x2x2,084} \right)}} \right) \right]$$

$$= 16,12 \%$$

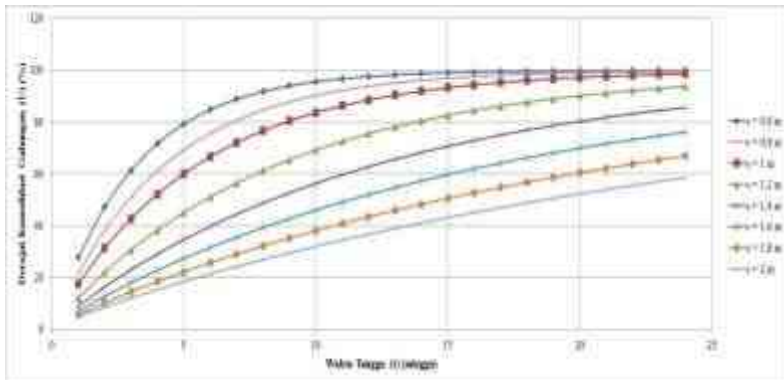
$$\text{U rata-rata} = (1-(1-\text{Uh}) \times (1-\text{Uv}) \times 100\%$$

$$= (1-(1-0,1612) \times (1-0,0176) \times 100\%$$

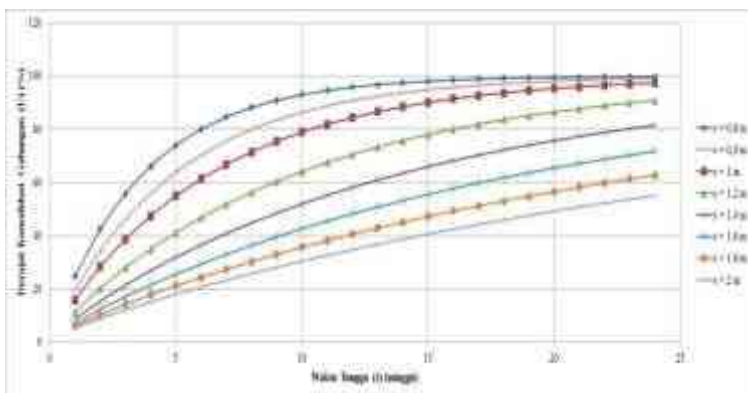
$$= 17,593 \%$$

Perhitungan di atas dilakukan untuk seluruh jarak PVD (S). Hasil perhitungan derajat konsolidasi rata-rata (U) untuk pola segitiga pada setiap s ditampilkan pada **Lampiran 5**.

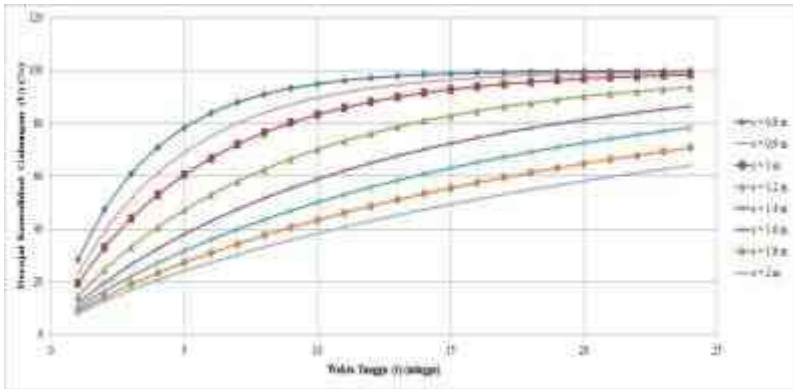
Pada gambar-gambar di bawah ini ditampilkan grafik hubungan waktu dengan derajat konsolidasi dengan menggunakan PVD pola segiempat pada setiap kedalaman H_{dr} yang telah direncanakan.



Gambar 6.19 Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan menggunakan PVD Pola Segiempat, $H_{dr} = 15,5$ m



Gambar 6.20 Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan menggunakan PVD Pola Segiempat, $H_{dr} = 10,4$ m



Gambar 6.21 Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan menggunakan PVD Pola Segiempat, $H_{dr} = 5,2$ m

6.2.3 Penentuan Pola Pemasangan PVD

Dari keenam grafik diatas, untuk perencanaan pada Tugas Akhir ini diambil jarak antar PVD untuk oprit sisi selatan jembatan adalah 1 meter menggunakan pola segiempat. Dalam penentuan pola pemasangan dan jarak spasi PVD untuk tinggi oprit 8 m, 7 m, 6 m, dan 5 m harus diputuskan berdasarkan yang paling efektif digunakan jika waktu konsolidasi yang diijinkan adalah 6 bulan. Dalam perencanaan Tugas Akhir ini diputuskan menggunakan pola segiempat dengan spasi PVD 1,2 meter. Menggunakan pola segiempat dengan spasi 1,2 m karena :

- Pelaksanaan pemasangan PVD di lapangan lebih mudah dibandingkan dengan pola segitiga. (Sumber : Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah)
- Jarak spasi antar PVD yang digunakan adalah $s = 1,2$ meter atas pertimbangan dapat mencapai $U = 90\%$ dalam waktu 20 minggu atau 5 bulan, sedangkan untuk $s = 1,4$ meter adalah lebih dari 24 minggu atau 6 bulan. Sehingga penggunaan PVD pada spasi 1,4 meter sudah tidak efektif digunakan setelah 6 bulan.

- Jika dibandingkan dengan jarak $s = 1$ meter, beda waktu yang terjadi sekitar 7 minggu. Karena waktu yang disediakan cukup untuk $s = 1,2$ meter, maka diputuskan untuk penggunaan spasi PVD adalah 1,2 meter. Dengan pertimbangan yang lain adalah mahalnnya harga material PVD

6.3 Perhitungan *Rate of Settlement*

Rate of Settlement adalah nilai rata-rata pemampatan tiap tahunnya. Nilai rata-rata pemampatan tiap tahunnya yang diijinkan adalah 1,5 cm/tahun. Perhitungan *Rate of Settlement* dilakukan untuk menganalisa kedalaman PVD optimum. Berikut adalah data perencanaan oprit timbunan dengan ketinggian 8 m:

Total <i>settlement</i>	= 0,984 m
t_{90}	= 66,837 tahun
Umur rencana	= 20 tahun
<i>Rate of settlement</i> ijin	= 1,5 cm/tahun
C_v rata-rata	= 3,048 m ² /tahun
H_{dr}	= 15,5 m

Dari data tersebut di atas, dilakukan perhitungan pemampatan yang terjadi tanpa pemasangan PVD hingga umur rencana timbunan oprit jembatan tersebut. Berikut adalah contoh perhitungan pemampatan untuk tahun pertama:

$$Tv = \frac{Cv \times t}{H_{dr}^2} = \frac{3,048 \times 1}{15,5^2} = 0,012688$$

$$Uv = 2 \sqrt{\frac{Tv}{\pi}} \times 100\% = 12,71\%$$

$$Sc = 12,71\% \times 0,984 \text{ m} = 12,51 \text{ cm}$$

Dengan cara yang sama seperti contoh di atas, maka didapatkan perhitungan pemampatan tanpa pemasangan PVD hingga umur rencana timbunan oprit jembatan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 6.17**.

Tabel 6.17 Perhitungan Pemampatan Tanpa Pemasangan PVD pada Umur Rencana Timbunan Oprit

Tahun ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)
1	0,013	12,710	12,509
2	0,025	17,975	17,691
3	0,038	22,014	21,667
4	0,051	25,420	25,018
5	0,063	28,420	27,971
6	0,076	31,133	30,641
7	0,089	33,627	33,096
8	0,102	35,949	35,381
9	0,114	38,130	37,528
10	0,127	40,193	39,557
11	0,140	42,154	41,488
12	0,152	44,029	43,333
13	0,165	45,827	45,102
14	0,178	47,556	46,805
15	0,190	49,226	48,448
16	0,203	50,840	50,037
17	0,216	52,405	51,577
18	0,228	53,924	53,072
19	0,241	55,402	54,526
20	0,254	56,841	55,943

Kemudian dilakukan analisa perhitungan *settlement* pada kondisi kedalaman PVD yang terpasang bervariasi, yaitu $1/3 H_{dr}$, $2/3 H_{dr}$, dan sepanjang H_{dr} . Analisa pertama dilakukan pada kondisi kedalaman $1/3 H_{dr}$ yaitu 5,2 m, sehingga lapisan di bawah PVD adalah 10,30 m. Hasil perhitungan pemampatan hingga

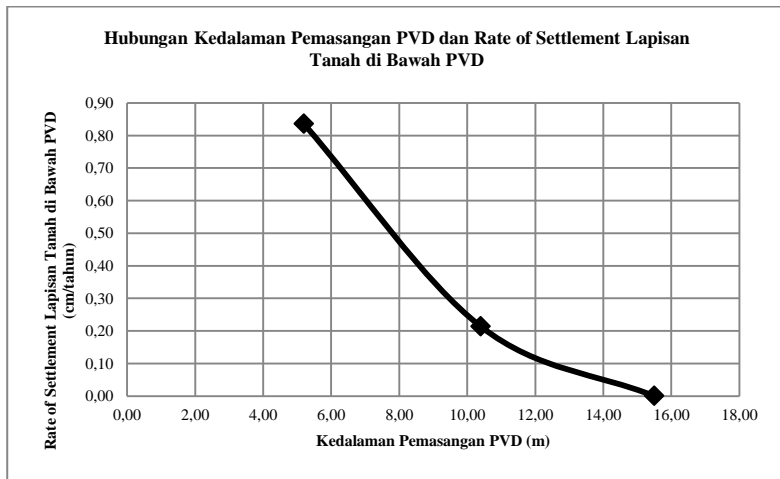
kedalaman PVD adalah 0,69 m. Sisa pemampatan di bawah pemasangan PVD = $0,984 \text{ m} - 0,69 \text{ m} = 0,29 \text{ m}$. Sehingga setelah 20 tahun, *settlement* yang terjadi di bawah pemasangan PVD adalah:

$$\begin{aligned} Sc_{20 \text{ tahun}} &= \text{Sisa } settlement \times U_v \\ &= 0,29 \text{ m} \times 56,84\% \\ &= 0,17 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka rata-rata pemampatan yang terjadi setiap tahunnya adalah:

$$\begin{aligned} \text{Rate of settlement} &= 0,17 \times 100/20 \\ &= 0,84 \text{ cm/tahun} \end{aligned}$$

Rate of settlement yang diijinkan adalah 1,5 cm/tahun. Setelah dilakukan perhitungan *rate of settlement* tiap variasi kedalaman PVD didapatkan grafik dan tabel yang dapat dilihat pada **Gambar 6.22** dan **Tabel 6.18**.



Gambar 6.22 Grafik Hubungan Kedalaman Pemasangan PVD dengan *Rate of Settlement* Lapisan Tanah di Bawah PVD

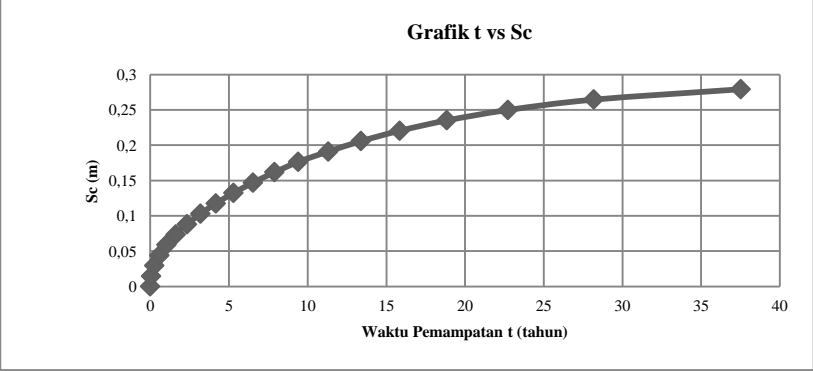
Tabel 6.18 Hasil Perhitungan *Rate of Settlement* Lapisan Tanah di Bawah PVD

Kedalaman PVD (m)	Sc (m)	Sisa Pemampatan (m)	Sc 20 tahun (m)	Rate of sett (cm/tahun)
5,20	0,69	0,29	0,17	0,84
10,40	0,91	0,08	0,04	0,21

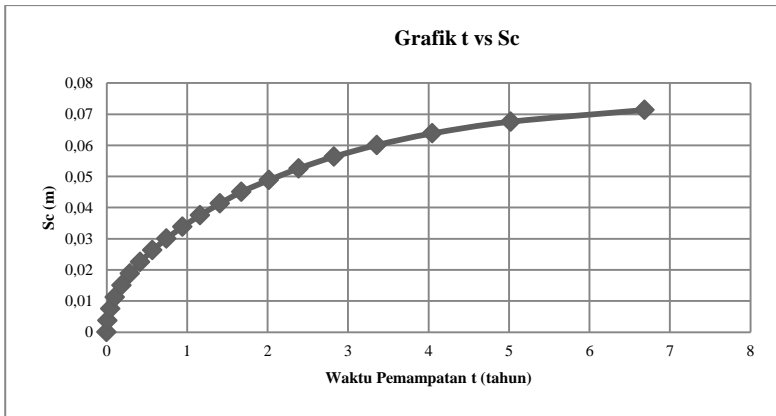
Selanjutnya dilakukan analisa perhitungan besar pemampatan setiap tahun di kedalaman H_{dr} tanpa menggunakan PVD. Berikut adalah contoh perhitungan pada kondisi pemasangan PVD adalah $1/3 H_{dr}$ untuk $U=5\%$.

H_{dr} di bawah PVD = 10,30 m
Sisa pemampatan = 0,29 m
 C_v gabungan = 3,191 m²/tahun
 t (tahun) = $0,002 \times (10,3 \text{ m})^2 / 3,191 \text{ m}^2/\text{tahun}$
= 0,065 tahun
 Sc (m) = $5/100 \times 0,29 \text{ m}$
= 0,015 m = 1,5 cm

Berikut adalah grafik antara t (tahun) dengan besar pemampatan (m) untuk setiap kondisi kedalaman PVD, yaitu $1/3 H_{dr}$ dan $2/3 H_{dr}$.



Gambar 6.23 Grafik antara t (tahun) dengan Sc (m), Kedalaman PVD $1/3 H_{dr}$



Gambar 6.24 Grafik antara t (tahun) dengan Sc (m), Kedalaman PVD $2/3 H_{dr}$

Dari hasil perhitungan di atas dapat dilihat bahwa pemasangan kedalaman PVD sedalam $1/3 H_{dr}$ jika dilihat dari hasil *rate of settlement* masih aman, karena nilai *rate of settlement* 0,84 cm/tahun di mana masih lebih kecil dari besar *rate of settlement* yang diijinkan. Akan tetapi jika dilihat dari perhitungan besar pemampatan setiap tahunnya, besar pemampatan yang terjadi dalam 1 tahun pertama adalah 6 cm di mana lebih besar dari besar pemampatan yang diijinkan yaitu 1,5 cm.

Untuk kedalaman PVD sedalam $2/3 H_{dr}$ jika dilihat dari hasil *rate of settlement* masih aman, karena nilai *rate of settlement* 0,21 cm/tahun di mana masih lebih kecil dari besar *rate of settlement* yang diijinkan. Akan tetapi jika dilihat dari perhitungan besar pemampatan setiap tahunnya, besar pemampatan yang terjadi dalam 1 tahun pertama adalah 3,5 cm di mana lebih besar dari besar pemampatan yang diijinkan yaitu 1,5 cm.

Sehingga kedalaman PVD optimum adalah sedalam tanah lunak, yaitu 15,5 m. Pemasangan PVD sedalam tanah lunak ini selain untuk mempercepat waktu pemampatan yang terjadi, berguna untuk menghindari terjadinya *differential settlement*

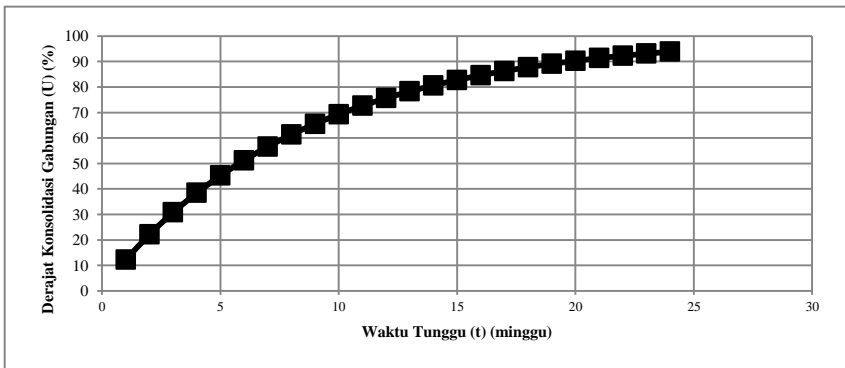
akibat nilai pemampatan yang besar di awal penimbunan pada timbunan oprit yang direncanakan.

6.4 Perencanaan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD)

Penggunaan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) berfungsi untuk menyalurkan air dari PVD ke saluran drainase di samping kanan atau kiri timbunan. Dalam Tugas Akhir ini, material PHD yang digunakan adalah produk dari PT. Teknindo Geosistem Unggul. Spek PHD yang digunakan dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Berikut adalah perhitungan apakah spek dari PHD yang digunakan sudah cukup aman pada pemasangan PVD pola segiempat dengan $s = 1,2$ m.

A. Menghitung koreksi debit air vertikal per m^2 tanah

- Tinggi timbunan pelaksanaan (H_{inisial}) = 9,60 m dengan besarnya penurunan (Sc) = 0,98 m dan waktu konsolidasi $U_r = 95\%$ menggunakan perbaikan tanah dengan PVD adalah selama 26 minggu.



Gambar 6.25 Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi dengan menggunakan PVD Pola Segiempat $s = 1,2$ m

- Debit ($U = 95\%$) = Volume aliran air / Waktu pengaliran

$$= 0,98\text{m} \times 1 \text{ m}^2 / (26 \times 7 \times 24 \times 3600)$$

$$= 6,232 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{detik}$$
- Sc pada saat $U = 75\%$ adalah :

$$= (0,98 \times 75\%) / 95\%$$

$$= 0,77 \text{ m}$$

- Debit ($U = 75\%$) = Volume aliran air / Waktu pengaliran
 $= 0,77\text{m} \times 1\text{m}^2 / (17 \times 7 \times 24 \times 3600)$
 $= 7,489 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{detik}$

B. Menghitung estimasi debit air per 1 titik PVD

- Untuk pemasangan PVD pola segiempat dengan *spacing* 1,2 meter :

$$A_e = \pi/4 \times (1,13 \times 1,2)^2$$

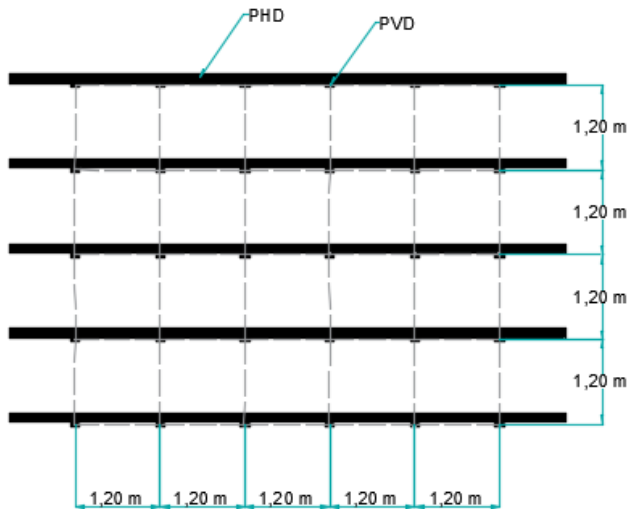
$$= 1,444 \text{ m}^2$$

Artinya, setiap 1 titik ujung PVD mengalirkan air seluas $1,444 \text{ m}^2$

- Sehingga setiap 1 titik ujung PVD mengeluarkan air vertikal sebesar :
 $= 1,444 \times 7,489 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{detik}$
 $= 1,081 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Jadi, setiap 1 titik ujung PVD mengeluarkan air dengan debit rata-rata $= 1,081 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$

C. Pemasangan PHD pada titik PVD

Dengan menggunakan PVD pola segiempat *spacing* 1,2 meter, sketsa pemasangan PHD dapat dilihat pada **Gambar 6.26**.



Gambar 6.26 Sketsa Pemasangan PHD pada Titik-Titik PVD

D. Jumlah maksimum titik ujung PVD pada 1 lajur PHD

- Panjang maksimal lajur PHD $= \frac{1}{2} \times 11 \text{ m} = 5,5 \text{ m}$
- Jarak titik-titik ujung PVD $= 1,2 \text{ m}$
- Jumlah ujung PVD pada 1 lajur PHD = 6 titik

E. Estimasi debit maksimum aliran air horizontal

Estimasi debit maksimum aliran air horizontal pada 1 lajur PHD adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 &= 6 \text{ titik} \times 1,081 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 6,486 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

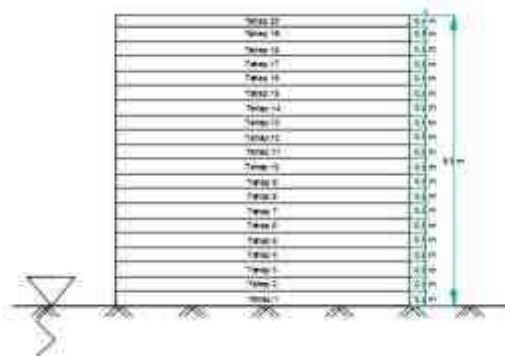
F. Penggunaan PHD CETEAU CT-SD100-20

- Debit pengaliran air yang diperlukan $= 6,486 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Kapasitas pengaliran $= 2,4 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Faktor Keamanan (SF) $= \frac{2,4 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}}{6,486 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}} = 37$

Dari hasil perolehan perhitungan nilai SF diatas, dinyatakan bahwa pemasangan PHD CETEAU CT-SD100-20 dapat dilaksanakan karena memiliki nilai $SF > 1,3$.

6.5 Perencanaan Timbunan Bertahap

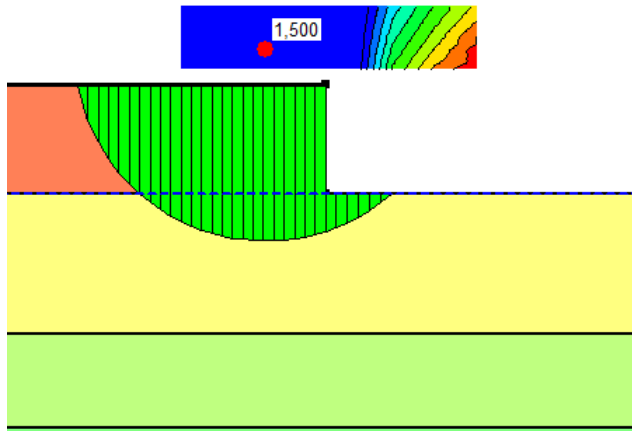
Pelaksanaan timbunan di lapangan diletakkan secara bertahap dengan kecepatan penimbunan sesuai yang direncanakan. Dalam Tugas Akhir ini, perencanaan timbunan bertahap meninjau oprit dengan tinggi timbunan yang paling tinggi yaitu 8 meter. Timbunan diletakkan secara bertahap setiap 0,5 meter/minggu. Dengan tinggi awal timbunan (H_{inisial}) adalah 9,9 meter, maka didapatkan jumlah tahapan timbunan adalah sebanyak 20 tahap dimana khusus pada tahap ke 20 tinggi timbunan yang diletakkan adalah 0,4 meter. Ilustrasi perencanaan timbunan bertahap dapat dilihat pada **Gambar 6.27**.



Gambar 6.27 Ilustrasi Perencanaan Timbunan Bertahap

- Menentukan Jadwal Pentahapan Timbunan

Dalam meletakkan timbunan secara bertahap, tinggi penimbunan harus memperhatikan tinggi timbunan kritis (H_{cr}) yang dapat dipikul oleh tanah dasar. Dengan menggunakan program *Geostudio* (dapat dilihat pada **Gambar 6.28**) didapatkan H_{cr} untuk $SF = 1,5$ adalah 3,5 meter.



Gambar 6.28 Analisa H_{cr} menggunakan *Geostudio*

- Dari data sebelumnya didapatkan :

$$H_{\text{inisial}} = 9,9 \text{ meter}$$

$$\text{Kecepatan pentahapan timbunan} = 50 \text{ cm/minggu}$$

- Maka tahapan penimbunan yang dibutuhkan adalah :

$$n = 9,9 \text{ meter} / 0,5 \text{ m/minggu}$$

$$n = 20 \text{ tahap}$$

Karena tinggi timbunan kritis yang mampu diterima tanah (H_{cr}) adalah 3,5 meter, maka pentahapan penimbunan untuk tahap 1 sampai dengan 7 dapat dilakukan secara menerus. Untuk tahap berikutnya, daya dukung tanah dasar harus cukup kuat menumpu penimbunan berikutnya. Oleh karena itu harus dilakukan pengecekan daya dukung tanah terlebih dahulu.

Perhitungan peningkatan nilai C_u perlu dilakukan untuk menentukan apakah tanah dasar cukup mampu memikul beban timbunan dengan peningkatan nilai C_u akibat adanya timbunan bertahap. Perhitungan tersebut dilakukan untuk menentukan apakah penimbunan dapat dilanjutkan atau harus dilakukan

penundaan. Berikut adalah perhitungan nilai C_u baru pada lapisan tanah dasar untuk mengecek daya dukung tanah dasar:

Pada Minggu ke-8, $H_{\text{tot}} = 4 \text{ meter} > H_{\text{cr}} = 3,5 \text{ meter}$

Menentukan tahapan penimbunan hingga minggu ke-7

Umur timbunan untuk tahap penimbunan ke-i pada minggu ke-7 dapat dilihat pada **Tabel 6.19**.

Tabel 6.19 Umur Timbunan ke-i pada Minggu Ke-7

Tahapan Penimbunan								
Tahap Penimbunan	1	2	3	4	5	6	7	8
Minggu Ke-	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0
	2	1	0	0	0	0	0	0
	3	2	1	0	0	0	0	0
	4	3	2	1	0	0	0	0
	5	4	3	2	1	0	0	0
	6	5	4	3	2	1	0	0
	7	6	5	4	3	2	1	0

Menghitung tegangan di tiap lapisan tanah untuk derajat konsolidasi 100%

$$\sigma_1' = P_o + \Delta P_1$$

$$\sigma_2' = \sigma_1' + \Delta P_2 \text{ dan seterusnya hingga } \sigma_7'$$

Harga P_o , σ_1' , σ_2' , dan seterusnya berbeda-beda untuk setiap kedalaman tanah.

$$\Delta P_1 = \Delta P_2 = \Delta P_3 = \Delta P_4 = \Delta P_5 = \Delta P_6 = \Delta P_7$$

$$\Delta P_1 = I \times q$$

Dimana :

$$\begin{aligned} q &= H_{\text{timb}} \text{ tahap ke-} i \times \gamma_{\text{timb}} \\ &= 0,5 \text{ m} \times 1,80 \text{ t/m}^3 \\ &= 0,9 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Perubahan tegangan di tiap lapisan tanah dasar pada derajat konsolidasi $U = 100\%$ dapat dilihat pada **Tabel 6.20**.

Tabel 6.20 Perubahan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah pada Derajat Konsolidasi, $U=100\%$

Derajat Konsolidasi 100%								
Tegangan	Po' t/m ²	σ_1' t/m ²	σ_2' t/m ²	σ_3' t/m ²	σ_4' t/m ²	σ_5' t/m ²	σ_6' t/m ²	σ_7' t/m ²
Kedalaman (m)	H=0m	H=0,5m	H=1m	H=1,5m	H=2m	H=2,5m	H=3m	H=3,5m
0-1	0,31	0,76	1,21	1,66	2,09	2,52	2,93	3,33
1-2	0,93	1,37	1,81	2,24	2,65	3,05	3,43	3,80
2-3	1,55	1,98	2,40	2,80	3,17	3,54	3,90	4,24
3-4	2,17	2,58	2,95	3,32	3,68	4,02	4,34	4,65
4-5	2,79	3,16	3,52	3,86	4,19	4,49	4,79	5,07
5-6	3,43	3,77	4,10	4,40	4,70	4,99	5,26	5,51
6-7	4,10	4,40	4,70	4,98	5,25	5,52	5,77	6,01
7-8	4,76	5,05	5,32	5,58	5,83	6,07	6,30	6,52
8-9	5,43	5,70	5,95	6,19	6,42	6,64	6,85	7,06
9-10	6,12	6,36	6,59	6,81	7,02	7,23	7,43	7,62
10-11	6,81	7,03	7,25	7,45	7,65	7,85	8,04	8,21
11-12	8,25	8,45	8,65	8,84	9,03	9,21	9,39	9,55
12-13	8,98	9,17	9,35	9,53	9,71	9,88	10,04	10,21
13-14	9,70	9,88	10,05	10,22	10,38	10,54	10,69	10,84
14-15	10,43	10,60	10,76	10,92	11,08	11,22	11,37	11,51
15-16	11,16	11,32	11,48	11,63	11,78	11,92	12,06	12,20

Menghitung penambahan tegangan efektif akibat beban timbunan apabila derajat konsolidasi kurang dari 100%

Hasil perhitungan derajat konsolidasi total (U_{total}) dengan PVD untuk pola pemasangan segi empat dengan jarak spasi 1,2 m dapat dilihat pada **Tabel 6.21**.

Tabel 6.21 Derajat Konsolidasi (U_{total}) untuk PVD Pola Pemasangan Segi Empat Spasi 1,2 m

S = 1,2 m				
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0002	0,018	0,106	12,196
2	0,0005	0,025	0,201	22,105
3	0,0007	0,030	0,286	30,779
4	0,0010	0,035	0,362	38,433
5	0,0012	0,039	0,430	45,210
6	0,0015	0,043	0,490	51,222
7	0,0017	0,047	0,544	56,561
8	0,0019	0,050	0,593	61,306
9	0,0022	0,053	0,636	65,526
10	0,0024	0,056	0,675	69,281
11	0,0027	0,058	0,709	72,623
12	0,0029	0,061	0,740	75,599
13	0,0032	0,063	0,768	78,249
14	0,0034	0,066	0,792	80,609
15	0,0036	0,068	0,814	82,712
16	0,0039	0,070	0,834	84,585
17	0,0041	0,073	0,852	86,255
18	0,0044	0,075	0,868	87,743
19	0,0046	0,077	0,882	89,069
20	0,0049	0,079	0,894	90,251
21	0,0051	0,081	0,905	91,305
22	0,0054	0,083	0,915	92,245
23	0,0056	0,084	0,924	93,083
24	0,0058	0,086	0,932	93,830

Perhitungan perubahan tegangan efektif tanah menggunakan **Perumusan 2.20**. Dari perumusan tersebut, maka untuk penimbunan sampai tahap ke-7 ($H = 3,5$ meter, $t = 7$ minggu) persamaannya dapat dilihat pada **Tabel 6.22**. Dan hasil perhitungan perubahan tegangan di tiap lapisan tanah pada derajat konsolidasi $U < 100\%$ ditampilkan pada **Tabel 6.23**.

Tabel 6.22 Perumusan Perubahan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah pada Derajat Konsolidasi, $U < 100\%$

Tahapan Penimbunan (m)	Umur Timbunan (minggu)	Derajat Konsolidasi U_{total} (%)	ΔP pada $U < 100\%$
0-0,5 (1)	7	56,561	$\left\{ \left(\frac{\sigma_1'}{P_{o'}} \right)^{0,5656} x P_{o'}' \right\} - P_{o'}'$
0,5-1 (2)	6	51,222	$\left\{ \left(\frac{\sigma_2'}{\sigma_1'} \right)^{0,5122} x \sigma_1' \right\} - \sigma_1'$
1-1,5 (3)	5	45,210	$\left\{ \left(\frac{\sigma_3'}{\sigma_2'} \right)^{0,4521} x \sigma_2' \right\} - \sigma_2'$
1,5-2 (4)	4	38,433	$\left\{ \left(\frac{\sigma_4'}{\sigma_3'} \right)^{0,3843} x \sigma_3' \right\} - \sigma_3'$
2-2,5 (5)	3	30,779	$\left\{ \left(\frac{\sigma_5'}{\sigma_4'} \right)^{0,3078} x \sigma_4' \right\} - \sigma_4'$
2,5-3 (6)	2	22,105	$\left\{ \left(\frac{\sigma_6'}{\sigma_5'} \right)^{0,2211} x \sigma_5' \right\} - \sigma_5'$
3-3,5 (7)	1	12,196	$\left\{ \left(\frac{\sigma_7'}{\sigma_6'} \right)^{0,1220} x \sigma_6' \right\} - \sigma_6'$

Tabel 6.23 Perubahan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah pada Derajat Konsolidasi, $U < 100\%$

Derajat Konsolidasi $U < 100\%$									
Perubahan Tegangan	P_o' t/m ²	$\Delta P_1'$ t/m ²	$\Delta P_2'$ t/m ²	$\Delta P_3'$ t/m ²	$\Delta P_4'$ t/m ²	$\Delta P_5'$ t/m ²	$\Delta P_6'$ t/m ²	$\Delta P_7'$ t/m ²	$\sum \sigma'$ t/m ²
Tinggi Timbunan	H= 0m	H= 0,5m	H= 1m	H= 1,5m	H= 2m	H= 2,5m	H= 3m	H= 3,5m	
Umur Timbunan	-	7 minggu	6 minggu	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu	
Kedalaman/ $U\%$	100	56,56	51,22	45,21	38,43	30,78	22,11	12,20	
1	0,310	0,205	0,204	0,185	0,156	0,123	0,086	0,046	1,315
2	0,930	0,228	0,211	0,182	0,151	0,117	0,080	0,043	1,942
3	1,550	0,231	0,202	0,173	0,140	0,109	0,076	0,040	2,521
4	2,170	0,221	0,187	0,161	0,133	0,101	0,069	0,036	3,079
5	2,790	0,203	0,180	0,151	0,121	0,092	0,064	0,034	3,635
6	3,432	0,189	0,163	0,136	0,112	0,086	0,058	0,031	4,207
7	4,095	0,170	0,150	0,127	0,102	0,081	0,055	0,028	4,808
8	4,759	0,161	0,137	0,116	0,096	0,074	0,050	0,026	5,418
9	5,435	0,146	0,128	0,109	0,089	0,066	0,046	0,024	6,043
10	6,124	0,131	0,119	0,098	0,081	0,061	0,044	0,023	6,682
11	6,814	0,121	0,110	0,093	0,075	0,059	0,042	0,020	7,335
12	8,249	0,111	0,105	0,085	0,072	0,055	0,039	0,020	8,737
13	8,977	0,106	0,096	0,081	0,067	0,052	0,036	0,020	9,436
14	9,704	0,096	0,087	0,077	0,062	0,048	0,034	0,019	10,128
15	10,432	0,093	0,083	0,071	0,061	0,045	0,032	0,017	10,834
16	11,159	0,091	0,081	0,069	0,055	0,043	0,031	0,017	11,546

Menghitung kenaikan daya dukung tanah (akibat kenaikan harga Cu).

Harga Cu baru diperoleh dengan menggunakan **Perumusan 2.21**. Hasil perhitungan perubahan nilai Cu pada minggu ke 7 ditampilkan pada **Tabel 6.24**.

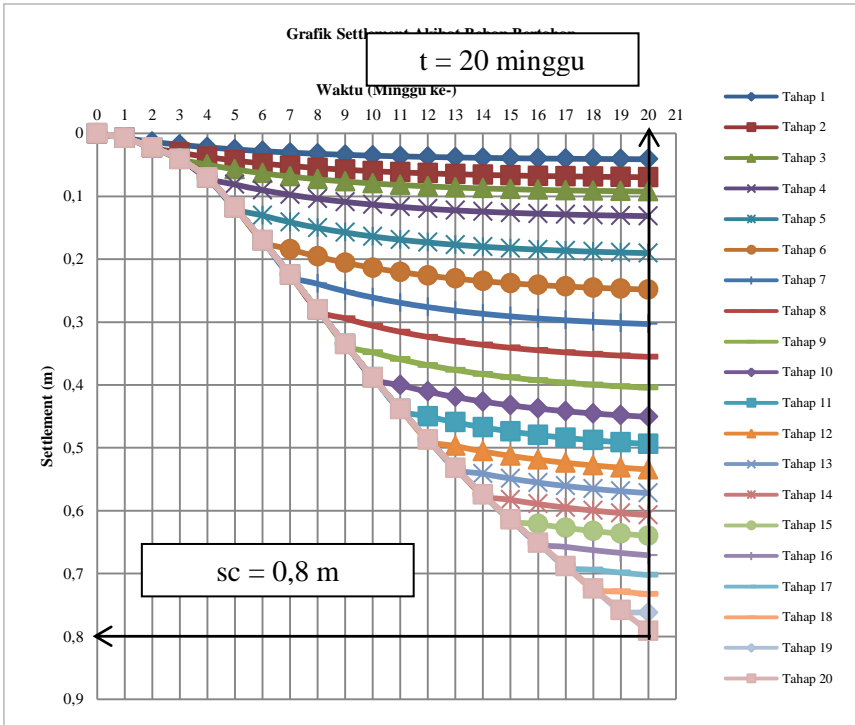
Tabel 6.24 Perubahan Nilai Cu pada Minggu Ke-7

Kedalaman (m)	PI	Cu Lama t/m ²	Cu Baru t/m ²
0-1	31,73	3,39	0,92
1-2	31,73	3,39	1,01
2-3	31,73	3,39	1,09
3-4	31,73	3,39	1,16
4-5	31,73	3,39	1,24
5-6	33,94	4,62	1,31
6-7	33,94	4,62	1,39
7-8	33,94	4,62	1,47
8-9	28,79	3,73	1,60
9-10	28,79	3,73	1,70
10-11	28,79	3,73	1,79
11-12	30,30	6,69	1,97
12-13	30,30	6,69	2,07
13-14	30,30	6,69	2,17
14-15	30,30	6,69	2,27
15-16	30,30	6,69	2,37

Dari Cu baru yang didapatkan, nilai Cu baru lebih kecil dari Cu lama. Setelah dilakukan penundaan tahapan penimbunan, harga Cu baru yang didapatkan juga lebih kecil dari Cu lama. Sehingga agar timbunan tidak terjadi kelongsoran, maka diperlukan adanya perkuatan timbunan. Perkuatan timbunan direncanakan dengan menggunakan *Geotextile Wall* atau *Freyssisol*.

Karena telah digunakan perkuatan timbunan, maka daya dukung tanah dasar tidaklah menjadi masalah lagi sehingga penimbunan dapat menerus dilakukan tanpa adanya waktu penundaan pentahapan. Grafik konsolidasi tanah dasar yang

terjadi akibat pentahapan penimbunan dapat dilihat pada **Gambar 6.29**.



Gambar 6.29 Grafik Konsolidasi Tanah Dasar yang Terjadi Akibat Pentahapan Penimbunan

6.6 Alternatif Perencanaan *Geotextile Wall* Arah Melintang Jembatan sebagai Perkuatan Timbunan Oprit

Geotextile digunakan sebagai material perkuatan tanah sehingga dapat meningkatkan daya dukung tanah dasar di bawah timbunan. Dalam Tugas Akhir ini, perencanaan *geotextile wall* menggunakan jenis *polypropylene woven geotextiles* dan tipe UW-250 dengan memiliki kekuatan tarik sebesar 52 kN/m.

6.6.1 Kontrol *Internal Stability*

6.6.1.1 Perhitungan Jarak Pemasangan *Geotextile* (Sv)

- Menentukan nilai fungsi persamaan tegangan horizontal terhadap kedalaman z:

$$\Phi = 30^\circ$$

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2(45 - \Phi/2) \\ &= \tan^2(45 - 30^\circ/2) \\ &= 0,333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_h &= \sigma_{hs} + \sigma_{hq} \\ &= (K_a \times \gamma \times z) + (K_a \times q) \\ &= (0,333 \times 18 \text{ kN/m}^3 \times z) + (0,333 \times 17,2 \text{ kN/m}^2) \\ &= (6z + 5,733) \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan nilai *T allowable*:

$$\begin{aligned} T_{\text{allow}} &= \frac{T}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \\ &= \frac{52 \text{ kN/m}}{1,1 \times 2,5 \times 1 \times 1} \\ &= 18,909 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Dalam Tugas Akhir ini direncanakan pemadatan timbunan adalah kelipatan 50 cm. Berikut adalah contoh perhitungan Sv untuk timbunan oprit setinggi 8 m dan $z = 8 \text{ m}$:

$$\begin{aligned} \sigma_h &= (6z + 5,733) \text{ kN/m}^2 \\ &= ((6 \times 8 \text{ m}) + 5,733) \text{ kN/m}^2 \\ &= 53,733 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_v &= \frac{T_{\text{allow}}}{SF \times \sigma_h} \\ &= \frac{18,909 \text{ kN/m}}{1,5 \times 53,733 \text{ kN/m}^2} \\ &= 0,23 \text{ m} \end{aligned}$$

$$S_v \text{ pakai} = 0,2 \text{ m}$$

Perhitungan nilai Sv selengkapnya berdasarkan ketinggian oprit yang direncanakan ditampilkan pada **Lampiran 7**. Hasil rekap perhitungan Sv untuk setiap ketinggian oprit dapat dilihat pada tabel-tabel di bawah ini.

Tabel 6.25 Rekap Nilai Sv untuk Ketinggian Oprit 8 m

No	z (m)	Sv pakai (m)
1	0,8	0,8
2	1,6	0,8
3	2	0,4
4	2,4	0,4
5	2,8	0,4
6	3,2	0,4
7	3,6	0,4
8	4	0,4
9	4,4	0,4
10	4,6	0,2
11	4,8	0,2
12	5	0,2
13	5,2	0,2
14	5,4	0,2
15	5,6	0,2
16	5,8	0,2
17	6	0,2
18	6,2	0,2
19	6,4	0,2
20	6,6	0,2
21	6,8	0,2
22	7	0,2
23	7,2	0,2
24	7,4	0,2
25	7,6	0,2
26	7,8	0,2

27	8	0,2
----	---	-----

Tabel 6.26 Rekap Nilai Sv untuk Ketinggian Oprit 7 m

No	z (m)	Sv pakai (m)
1	0,8	0,8
2	1,6	0,8
3	2	0,4
4	2,4	0,4
5	2,8	0,4
6	3,2	0,4
7	3,6	0,4
8	4	0,4
9	4,2	0,2
10	4,4	0,2
11	4,6	0,2
12	4,8	0,2
13	5	0,2
14	5,2	0,2
15	5,4	0,2
16	5,6	0,2
17	5,8	0,2
18	6	0,2
19	6,2	0,2
20	6,4	0,2
21	6,6	0,2
22	6,8	0,2
23	7	0,2

Tabel 6.27 Rekap Nilai Sv untuk Ketinggian Oprit 6 m

No	z (m)	Sv pakai (m)
1	0,8	0,8
2	1,6	0,8
3	2	0,4
4	2,4	0,4
5	2,8	0,4
6	3,2	0,4
7	3,6	0,4
8	4	0,4
9	4,2	0,2
10	4,4	0,2
11	4,6	0,2
12	4,8	0,2
13	5	0,2
14	5,2	0,2
15	5,4	0,2
16	5,6	0,2
17	5,8	0,2
18	6	0,2

Tabel 6.28 Rekap Nilai Sv untuk Ketinggian Oprit 5 m

No	z (m)	Sv pakai (m)
1	0,8	0,8
2	1,6	0,8
3	2	0,4
4	2,4	0,4

5	2,8	0,4
6	3,2	0,4
7	3,6	0,4
8	4	0,4
9	4,2	0,2
10	4,4	0,2
11	4,6	0,2
12	4,8	0,2
13	5	0,2

Tabel 6.29 Rekap Nilai Sv untuk Ketinggian Oprit 4 m

No	z (m)	Sv pakai (m)
1	0,8	0,8
2	1,6	0,8
3	2	0,4
4	2,4	0,4
5	2,8	0,4
6	3,2	0,4
7	3,6	0,4
8	4	0,4

Tabel 6.30 Rekap Nilai Sv untuk Ketinggian Oprit 3 m

No	z (m)	Sv pakai (m)
1	1	1
2	1,8	0,8
3	2,2	0,4
4	2,6	0,4
5	3	0,4

6.6.1.2 Perhitungan Panjang *Geotextile*

Setelah mendapatkan nilai S_v untuk pemasangan *geotextile* pada masing-masing ketinggian oprit yang direncanakan, maka dapat dihitung panjang *geotextile* yang diperlukan. Perhitungan panjang total *geotextile* yang ditanam (L_{total}) menggunakan **Perumusan 2.36**. Berikut adalah contoh perhitungan panjang *geotextile* untuk perencanaan oprit setinggi 8 m dan $z = 8$ m:

$$\begin{aligned} Le &= \frac{S_v \times \sigma_h \times SF}{2[c + \sigma_v(\tan \delta)]}; \delta = 0,95 \times \Phi = 0,95 \times 30^\circ = 28,5^\circ \\ &= \frac{0,2 \times 53,733 \times 1,5}{2[22,59 + 18 \times 8 \times (\tan 28,5^\circ)]} \\ &= 0,1 \text{ m} \leq 1 \text{ m}, \end{aligned}$$

maka Le yang digunakan adalah 1 m.

$$\begin{aligned} L_r &= (H - z) \times [\tan(45 - \Phi/2)] \\ &= (8 - 8) \times [\tan(45 - 30^\circ/2)] \end{aligned}$$

$$L_r = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} L &= Le + L_r \\ &= 1 \text{ m} + 0 \text{ m} \\ &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L_{pakai} = 5,5 \text{ m}$$

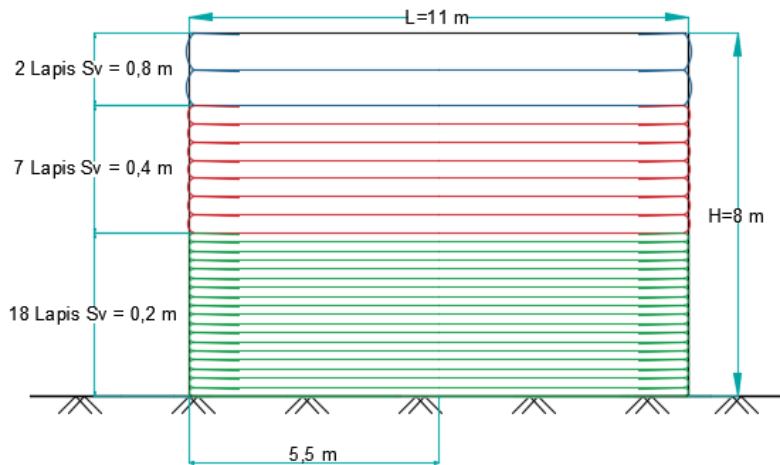
$$\begin{aligned} Lo &= \frac{S_v \times \sigma_h \times SF}{4[c + \sigma_v(\tan \delta)]} \\ &= \frac{0,23 \times 53,733 \times 1,5}{4[22,59 + 18 \times 8 \times (\tan 28,5^\circ)]} \\ &= 0,05 \text{ m} \leq 1 \text{ m}, \end{aligned}$$

maka Lo yang digunakan adalah 1 m.

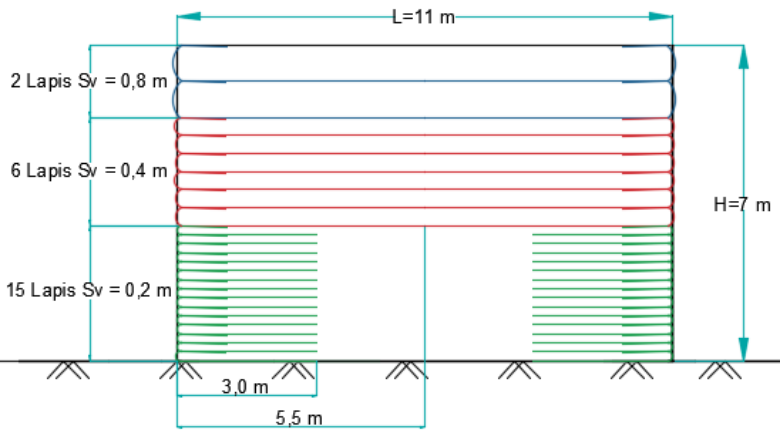
Sehingga, L_{total} adalah:

$$\begin{aligned} L_{total} &= L_{pakai} + S_v + Lo \\ &= 5,5 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 1 \text{ m} \\ &= 6,7 \text{ m} \end{aligned}$$

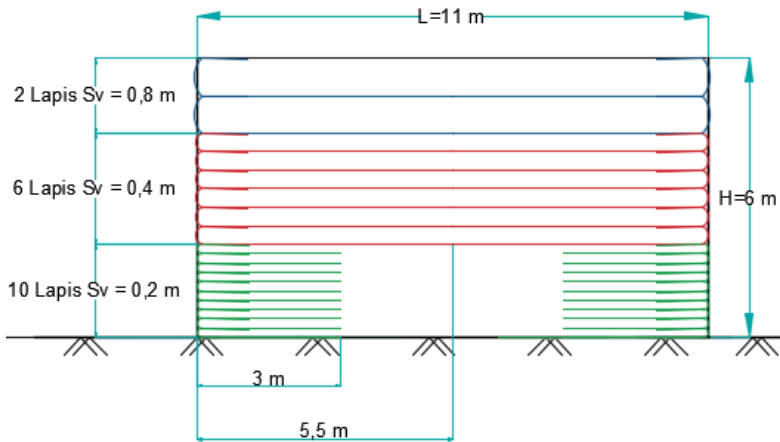
Perhitungan nilai Le , L_r , Lo , dan L_{total} selengkapanya berdasarkan ketinggian oprit yang direncanakan ditampilkan pada **Lampiran 7**. Berikut adalah sketsa pemasangan *geotextile wall* arah melintang pada setiap ketinggian oprit timbunan yang direncanakan.



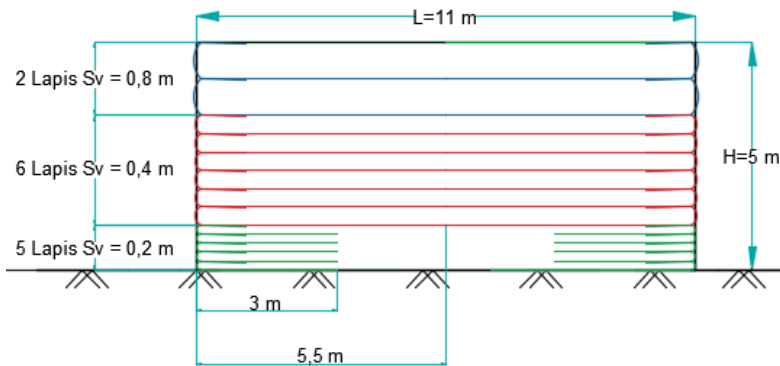
Gambar 6.30 Sketsa Pemasangan *Geotextile Wall* untuk Ketinggian Oprit 8 m



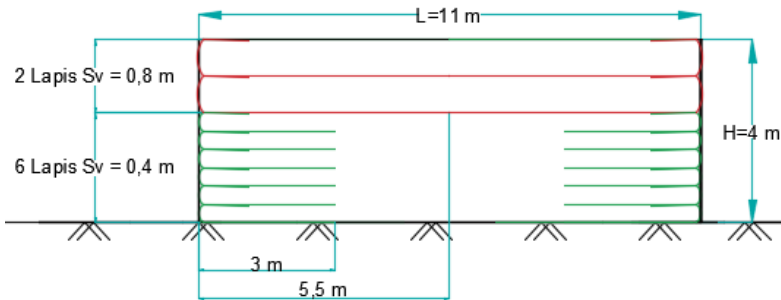
Gambar 6.31 Sketsa Pemasangan *Geotextile Wall* untuk Ketinggian Oprit 7 m



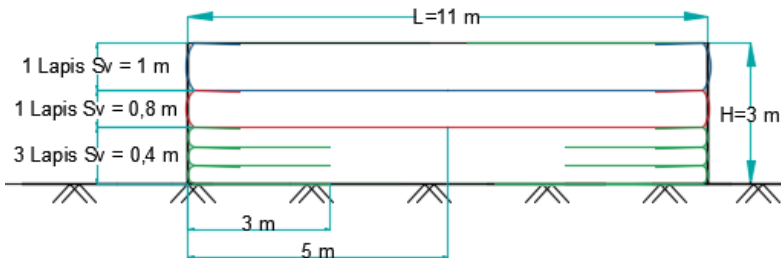
Gambar 6.32 Sketsa Pemasangan *Geotextile Wall* untuk Ketinggian Oprit 6 m



Gambar 6.33 Sketsa Pemasangan *Geotextile Wall* untuk Ketinggian Oprit 5 m



Gambar 6.34 Sketsa Pemasangan *Geotextile Wall* untuk Ketinggian Oprit 4 m



Gambar 6.35 Sketsa Pemasangan *Geotextile Wall* untuk Ketinggian Oprit 3 m

6.6.2 Kontrol *External Stability*

Pada perencanaan *geotextile wall* diperlukan adanya kontrol *external stability* yaitu terhadap guling, geser, dan daya dukung terhadap timbunan.

6.6.2.1 Kontrol terhadap Guling

Perhitungan kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan **Perumusan 2.41**.

$$M_{\text{penahan}} = P_a \sin(\delta) \times \text{Jarak Titik Berat ke Titik O} + (\gamma_t \times \text{Luas Tanah di geotextile} \times \text{Jarak ke Titik O})$$

$$M_{\text{dorong}} = P_a \cos(\delta) \times \text{Jarak Titik Berat ke Titik O}$$

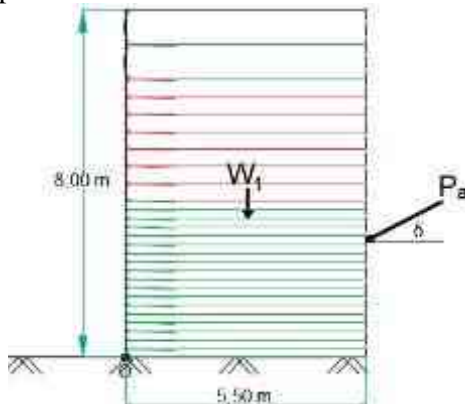
$$\begin{aligned} P_a &= K_a \times 0,5 \times \gamma_t \times h^2 \\ &= 0,333 \times 0,5 \times 1,8 \text{ t/m}^3 \times (8 \text{ m})^2 \end{aligned}$$

$$= 19,200 \text{ t/m}$$

$$Pa.\cos(\delta) = 19,200 \text{ t/m} \times \cos 28,5^\circ = 16,873 \text{ t/m}$$

$$Pa.\sin(\delta) = 19,200 \text{ t/m} \times \sin 28,5^\circ = 9,161 \text{ t/m}$$

Sketsa gaya dan momen yang bekerja pada oprit untuk ketinggian 8 m dapat dilihat pada **Gambar 6.36**. Perhitungan momen penahan dan momen dorong untuk ketinggian oprit 8 m ditampilkan pada **Tabel 6.31** dan **Tabel 6.32**.



Gambar 6.36 Gaya dan Momen yang bekerja pada Oprit 8 m

Tabel 6.31 Perhitungan Momen Penahan untuk Oprit 8 m

Nama	Panjang (m)	Tinggi (m)	Berat (ton)	Lengan (m)	Momen (t.m)
1	5,5	8	79,2	2,75	217,8
$Pa \sin(\delta)$	-	-	9,161	5,5	50,389
	Σ Momen Penahan				268,188

Tabel 6.32 Perhitungan Momen Dorong untuk Oprit 8 m

Nama	Beban (ton)	Lengan (m)	Momen (t.m)
$Pa \cos(\delta)$	16,873	2,67	44,995
	Σ Momen Dorong		44,995

Sehingga didapat nilai SF sebagai berikut:

$$SF = \frac{M \text{ penahan}}{M \text{ dorong}} = \frac{268,188 \text{ t.m}}{44,995 \text{ t.m}} = 5,96 > 3 \text{ (OK)}$$

Hasil perhitungan kontrol terhadap guling untuk setiap ketinggian timbunan oprit yang direncanakan dapat dilihat pada **Tabel 6.33**.

Tabel 6.33 Rekap Perhitungan SF Guling

Tinggi Oprit (m)	Momen Dorong (t.m)	Momen Penahan (t.m)	SF	Keterangan
8	44,995	268,188	5,96	OK!
7	30,143	171,778	5,70	OK!
6	18,982	153,443	8,08	OK!
5	10,985	136,683	12,44	OK!
4	5,624	75,597	13,44	OK!
3	2,373	65,811	27,74	OK!

6.6.2.2 Kontrol terhadap Geser

Perhitungan kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan **Perumusan 2.40**. Berikut adalah contoh perhitungan kontrol guling pada oprit dengan ketinggian 8 m:

$$\text{Gaya penahan} = \left[\left(2,259 \text{ t/m}^2 + \frac{(Ws + Pa \sin \delta)x \tan 28,5^\circ}{5,5m} \right) x 5,5m \right]$$

$$= \left[\left(2,259 \text{ t/m}^2 + \frac{(79,2 \text{ t} + 9,161 \text{ t})x \tan 28,5^\circ}{5,5m} \right) x 5,5m \right]$$

$$= 60,403 \text{ ton}$$

$$\text{Gaya dorong} = (Pa \cos \delta) \text{ ton}$$

$$= 16,873 \text{ ton}$$

$$SF = \frac{60,403 \text{ ton}}{16,873 \text{ ton}} = 3,58 > 3 \text{ (OK)}$$

Hasil perhitungan kontrol terhadap geser untuk setiap ketinggian timbunan oprit yang direncanakan dapat dilihat pada **Tabel 6.34**.

Tabel 6.34 Rekap Perhitungan SF Geser

Tinggi Oprit (m)	Gaya Dorong (ton)	Gaya Penahan (ton)	SF	Keterangan
8	16,873	60,403	3,58	OK!
7	12,919	40,883	3,16	OK!
6	9,491	36,941	3,89	OK!
5	6,591	33,154	5,03	OK!
4	4,218	23,659	5,61	OK!
3	2,373	20,671	8,71	OK!

6.6.2.3 Kontrol terhadap Daya Dukung Tanah

Perhitungan kontrol stabilitas eksternal *geotextile wall* terhadap daya dukung tanah dihitung menggunakan **Perumusan 2.42**. Di mana untuk menghitung $q_{ultimate}$ diasumsikan bahwa dasar timbunan yang diperkuat dengan *geotextile* dihitung sebagai pondasi dangkal dengan B (lebar pondasi) = 11 m dan D (kedalaman pondasi) = 0 m. Sedangkan q_{actual} adalah beban yang terjadi akibat berat sendiri timbunan dan beban lalu lintas di atasnya. Dibawah ini adalah contoh perhitungan $q_{ultimate}$ dan q_{actual} oprit setinggi 8 m :

$$\Phi = 0^\circ$$

$$N_c = 5,14$$

$$N_y = 0$$

$$N_q = 1$$

$$C = 2,259 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_t = 1,620 \text{ t/m}^3$$

$$B = 11 \text{ m}$$

$$q = 1,72 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 q_{ultimate} &= (C.N_c) + (\gamma.D.N_q) + (0,5.\gamma_{tanahdasar}.B.N_y) \\
 &= (2,259 \times 5,14) + (0 \times 1) + (0,5 \times 1,620 \times 11 \times 0)
 \end{aligned}$$

$$= 11,611 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} q_{\text{actual}} &= V/A \\ &= (\gamma_{\text{timb}} \times H) + q \\ &= (1,8 \times 8) + 1,72 \text{ t/m}^2 \\ &= 16,120 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan,

$$SF = \frac{q_{\text{ultimate}}}{q_{\text{actual}}} = \frac{11,611}{16,120} = 0,72 < 3 \text{ (Tidak Aman)}$$

Karena SF yang terjadi sangat kecil, maka dilakukan penggantian tanah dasar sedalam 1 m dengan cara menggali tanah dasar yang lama dan diurug kembali dengan tanah yang memiliki daya dukung lebih baik. Berikut data material tanah dasar yang akan diurug sedalam 1 m:

$$\begin{aligned} \Phi &= 0^\circ \\ N_c &= 5,14 \\ N_\gamma &= 0 \\ N_q &= 1 \\ C &= 9,5 \text{ t/m}^2 \\ \gamma_t &= 1,620 \text{ t/m}^3 \\ B &= 11 \text{ m} \\ q &= 1,72 \text{ t/m}^2 \\ q_{\text{ultimate}} &= (C.N_c) + (\gamma.D.N_q) + (0,5.\gamma_{\text{tanahdasar}}.B.N_\gamma) \\ &= (9,5 \times 5,14) + (0 \times 1) + (0,5 \times 1,620 \times 11 \times 0) \\ &= 48,83 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{actual}} &= V/A \\ &= (\gamma_{\text{timb}} \times H) + q \\ &= (1,8 \times 8) + 1,72 \text{ t/m}^2 \\ &= 16,12 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan,

$$SF = \frac{q_{ultimate}}{q_{actual}} = \frac{48,83}{16,12} = 3,03 > 3 \text{ (OK)}$$

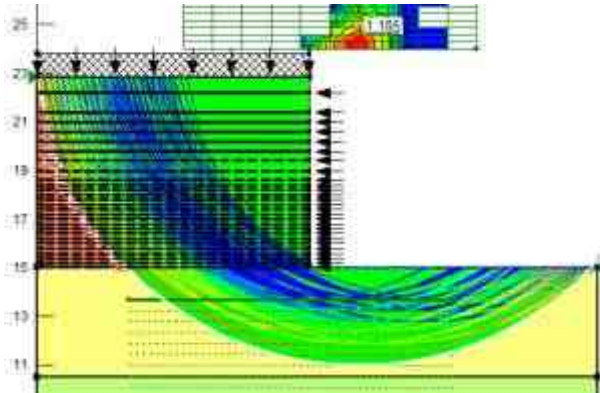
Berdasarkan hasil perhitungan di atas, dapat dilihat bahwa dengan mengganti material tanah dasar sedalam 1 m dengan material tanah yang lebih baik (dengan nilai $c = 95 \text{ kPa}$ yaitu *stiff soil*) dapat meningkatkan daya dukung tanah secara signifikan. Alternatif lain untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar adalah dengan menggunakan *minipile* beton atau kayu dolken yang dipasang di bawah timbunan, Namun, alternatif dengan menggunakan *minipile* beton akan sangat mahal harganya. Alternatif dengan menggunakan kayu dolken juga tidak baik, karena tidak *sustainable development* dan merusak lingkungan. Sehingga, alternatif yang baik adalah dengan penggantian tanah dasar sedalam 1 m dengan material tanah yang lebih baik. Perlu dilakukan perhitungan kontrol stabilitas eksternal *geotextile wall* terhadap daya dukung tanah untuk setiap perbedaan ketinggian oprit. Rekapitan perhitungan kontrol stabilitas eksternal *geotextile wall* terhadap daya dukung tanah untuk setiap perbedaan ketinggian oprit disajikan pada **Tabel 6.35** dibawah ini.

Tabel 6.35 Perhitungan kontrol daya dukung

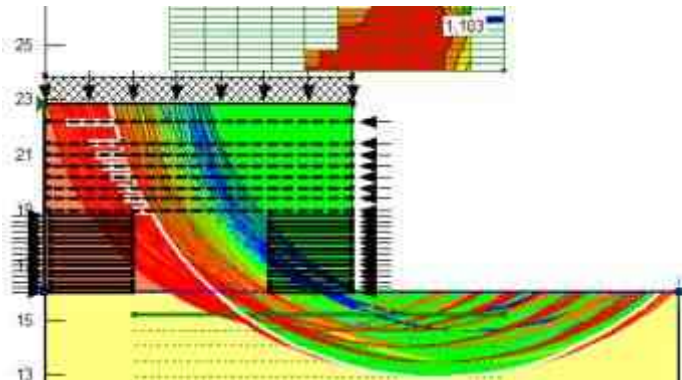
No	Tinggi Oprit (m)	q_{ult} (t/m ²)	q_{act} (t/m ²)	SF	Keterangan
1	8	48,83	16,12	3,03	OK!
2	7	48,83	14,32	3,41	OK!
3	6	48,83	12,52	3,90	OK!
4	5	48,83	10,72	4,56	OK!
5	4	48,83	8,92	5,47	OK!
6	3	48,83	7,12	6,86	OK!

6.6.2.4 Kontrol terhadap *Overall Stability*

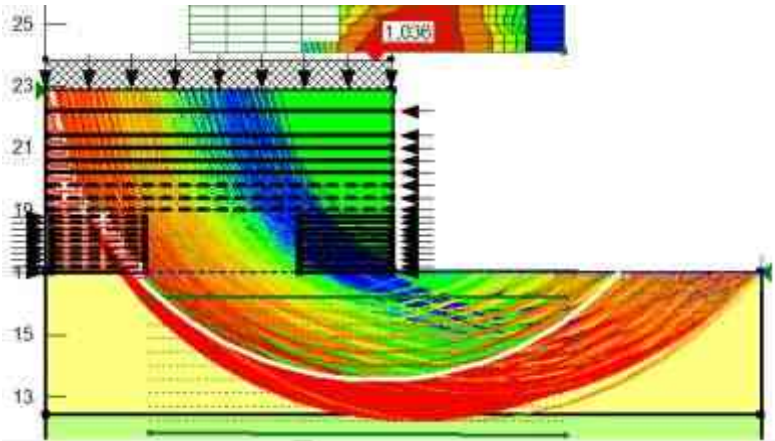
Kontrol terhadap *overall stability* menggunakan program bantu *geoslope*. Material *geotextile* diinput ke dalam *geoslope* dan diposisikan pada oprit timbunan dengan jarak antar *geotextile* dan panjang *geotextile* sesuai yang telah direncanakan pada perhitungan sebelumnya. Dari analisa menggunakan *geoslope* didapat SF dan bidang longsor seperti pada gambar di bawah ini.



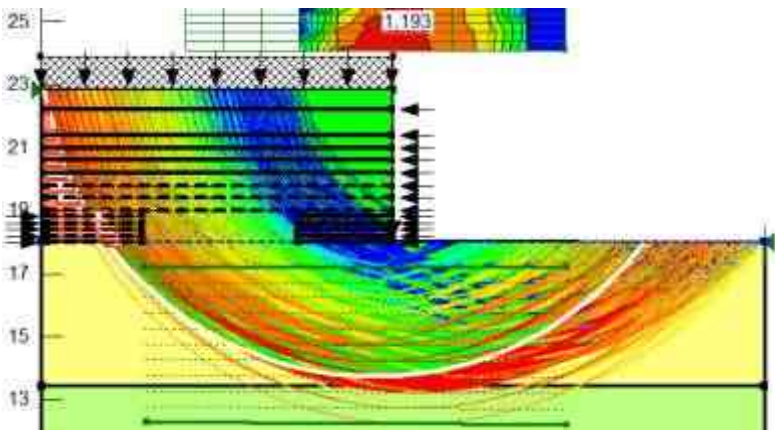
Gambar 6.37 Analisa *Overall Stability* pada Ketinggian Oprit 8 m



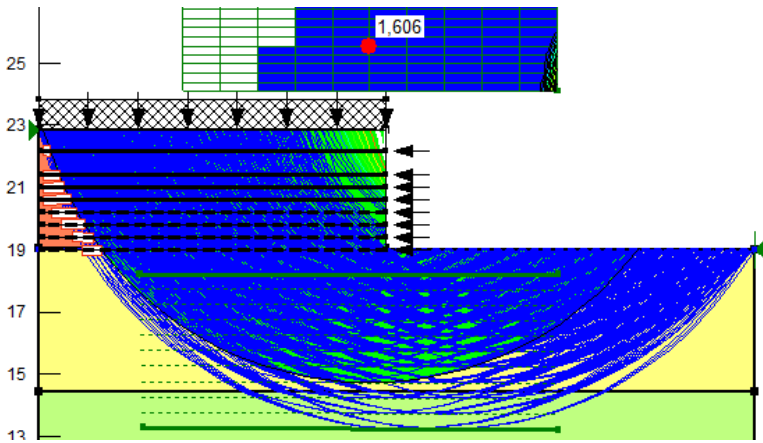
Gambar 6.38 Analisa *Overall Stability* pada Ketinggian Oprit 7 m



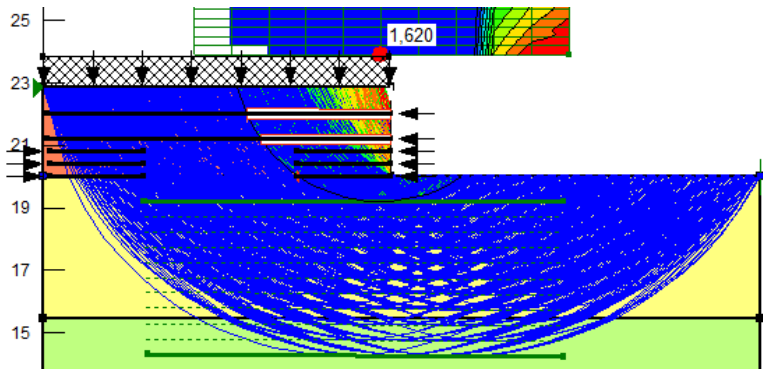
Gambar 6.39 Analisa *Overall Stability* pada Ketinggian Oprit 6 m



Gambar 6.40 Analisa *Overall Stability* pada Ketinggian Oprit 5 m



Gambar 6.41 Analisa *Overall Stability* pada Ketinggian Oprit 4 m



Gambar 6.42 Analisa *Overall Stability* pada Ketinggian Oprit 3 m

Dari analisa *Geoslope* seperti ditunjukkan pada gambar-gambar di atas dapat dilihat SF yang didapatkan pada setiap ketinggian timbunan adalah lebih dari 1,1, sehingga timbunan aman terhadap kontrol *overall stability*.

6.6.3 Perencanaan *Geotextile Wall* Arah Memanjang Jembatan

Perencanaan *geotextile wall* arah memanjang jembatan berfungsi sebagai dinding penahan tanah. Dalam Tugas Akhir ini, perencanaan *geotextile wall* menggunakan jenis *polypropylene woven geotextiles* dan tipe UW-250 dengan memiliki kekuatan tarik sebesar 52 kN/m. Jarak antar *geotextile* sama dengan pada perencanaan *geotextile wall* arah melintang jembatan. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam pelaksanaan.

6.6.3.1 Kontrol *Internal Stability*

6.6.3.1.1 Perhitungan Jarak Pemasangan *Geotextile* (Sv)

- Menentukan nilai fungsi persamaan tegangan horizontal terhadap kedalaman z:

$$\Phi = 30^\circ$$

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2(45 - \Phi/2) \\ &= \tan^2(45 - 30^\circ/2) \\ &= 0,333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_h &= \sigma_{hs} + \sigma_{hq} \\ &= (K_a \times \gamma t \times z) + (K_a \times q) \\ &= (0,333 \times 18 \text{ kN/m}^3 \times z) + (0,333 \times 17,2 \text{ kN/m}^2) \\ &= (6z + 5,733) \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan nilai *T allowable*:

$$\begin{aligned} T_{\text{allow}} &= \frac{T}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \\ &= \frac{52 \text{ kN/m}}{1,1 \times 2,5 \times 1 \times 1} \\ &= 18,909 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Dalam Tugas Akhir ini direncanakan pemadatan timbunan adalah kelipatan 50 cm. Berikut adalah contoh perhitungan Sv untuk timbunan oprit setinggi 8 m dan z = 8 m:

$$\begin{aligned} \sigma_h &= (6z + 5,733) \text{ kN/m}^2 \\ &= ((6 \times 8 \text{ m}) + 5,733) \text{ kN/m}^2 \\ &= 53,733 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$S_v = \frac{T_{\text{allow}}}{SF \times \sigma_h}$$

$$= \frac{18,909 \text{ kN/m}}{1,5 \times 53,733 \text{ kN/m}^2}$$

$$= 0,23 \text{ m}$$

Sv pakai = 0,2 m

Perhitungan nilai Sv selengkapnya ditampilkan pada **Lampiran 7**. Hasil rekap perhitungan Sv dapat dilihat pada **Tabel 6.36**.

Tabel 6.36 Rekap Nilai Sv untuk Ketinggian Oprit 8 m

No	z (m)	Sv pakai (m)
1	0,8	0,8
2	1,6	0,8
3	2	0,4
4	2,4	0,4
5	2,8	0,4
6	3,2	0,4
7	3,6	0,4
8	4	0,4
9	4,4	0,4
10	4,6	0,2
11	4,8	0,2
12	5	0,2
13	5,2	0,2
14	5,4	0,2
15	5,6	0,2
16	5,8	0,2
17	6	0,2
18	6,2	0,2
19	6,4	0,2
20	6,6	0,2

21	6,8	0,2
22	7	0,2
23	7,2	0,2
24	7,4	0,2
25	7,6	0,2
26	7,8	0,2
27	8	0,2

6.6.3.1.2 Perhitungan Panjang *Geotextile*

Setelah mendapatkan nilai S_v untuk pemasangan *geotextile* pada masing-masing ketinggian oprit yang direncanakan, maka dapat dihitung panjang *geotextile* yang diperlukan. Perhitungan panjang total *geotextile* yang ditanam (L_{total}) menggunakan **Perumusan 2.36**. Berikut adalah contoh perhitungan panjang *geotextile* untuk perencanaan oprit setinggi 8 m dan $z = 8$ m:

$$\begin{aligned}
 L_e &= \frac{S_v \times \sigma_h \times SF}{2[c + \sigma_v(\tan \delta)]}; \delta = 0,95 \times \Phi = 0,95 \times 30^\circ = 28,5^\circ \\
 &= \frac{0,2 \times 53,733 \times 1,5}{2[22,59 + 18 \times 8 \times (\tan 28,5^\circ)]} \\
 &= 0,1 \text{ m} \leq 1 \text{ m},
 \end{aligned}$$

maka L_e yang digunakan adalah 1 m.

$$\begin{aligned}
 L_r &= (H - z) \times [\tan(45 - \Phi/2)] \\
 &= (8 - 8) \times [\tan(45 - 30^\circ/2)]
 \end{aligned}$$

$$L_r = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 L &= L_e + L_r \\
 &= 1 \text{ m} + 0 \text{ m} \\
 &= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$L_{\text{pakai}} = 5,5 \text{ m}$$

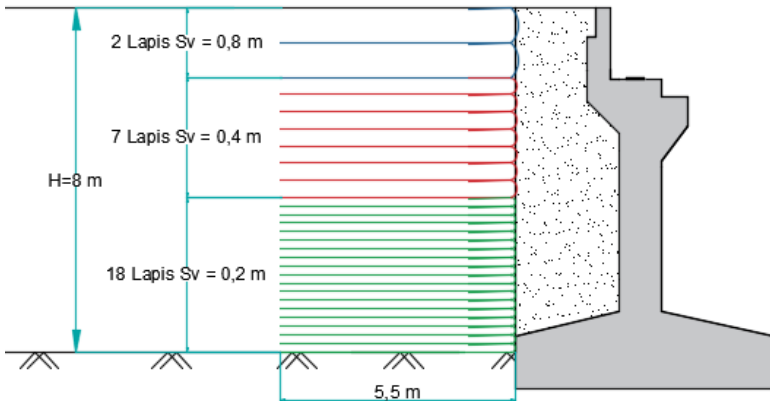
$$\begin{aligned}
 L_o &= \frac{S_v \times \sigma_h \times SF}{4[c + \sigma_v(\tan \delta)]} \\
 &= \frac{0,23 \times 53,733 \times 1,5}{4[22,59 + 18 \times 8 \times (\tan 28,5^\circ)]} \\
 &= 0,05 \text{ m} \leq 1 \text{ m},
 \end{aligned}$$

maka L_o yang digunakan adalah 1 m.

Sehingga, L_{total} adalah:

$$\begin{aligned}
 L_{\text{total}} &= L_{\text{pakai}} + S_v + L_o \\
 &= 5,5 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 1 \text{ m} \\
 &= 6,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai L_e , L_r , L_o , dan L_{total} selengkapnya ditampilkan pada **Lampiran 7**. Sketsa pemasangan *geotextile wall* arah memanjang dapat dilihat pada **Gambar 6.43**.



Gambar 6.43 Sketsa Pemasangan *Geotextile Wall* Arah Memanjang

6.6.3.2 Kontrol *External Stability*

Pada perencanaan *geotextile wall* diperlukan adanya kontrol *external stability* yaitu terhadap guling, geser, dan daya dukung terhadap timbunan.

6.6.3.2.1 Kontrol terhadap Guling

Perhitungan kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan **Perumusan 2.41**.

$$M_{\text{penahan}} = P_a \sin(\delta) \times \text{Jarak Titik Berat ke Titik O} + (\gamma_t \times \text{Luas Tanah di geotextile} \times \text{Jarak ke Titik O})$$

$$M_{\text{dorong}} = P_a \cos(\delta) \times \text{Jarak Titik Berat ke Titik O}$$

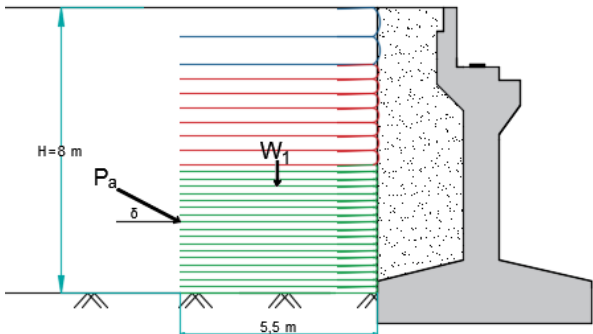
$$P_a = K_a \times 0,5 \times \gamma_t \times h^2$$

$$= 0,333 \times 0,5 \times 1,8 \text{ t/m}^3 \times (8 \text{ m})^2$$
$$= 19,200 \text{ t/m}$$

$$Pa.\cos(\delta) = 19,200 \text{ t/m} \times \cos 28,5^\circ = 16,873 \text{ t/m}$$

$$Pa.\sin(\delta) = 19,200 \text{ t/m} \times \sin 28,5^\circ = 9,161 \text{ t/m}$$

Sketsa gaya dan momen yang bekerja pada oprit untuk ketinggian 8 m dapat dilihat pada **Gambar 6.44**. Perhitungan momen penahan dan momen dorong untuk ketinggian oprit 8 m ditampilkan pada **Tabel 6.37** dan **Tabel 6.38**.



Gambar 6.44 Gaya dan Momen yang bekerja pada Oprit 8 m

Tabel 6.37 Perhitungan Momen Penahan untuk Oprit 8 m

Nama	Panjang (m)	Tinggi (m)	Berat (ton)	Lengan (m)	Momen (t.m)
1	5,5	8	79,2	2,75	217,8
Pa sin(δ)	-	-	9,161	5,5	50,389
	ΣMomen Penahan				268,188

Tabel 6.38 Perhitungan Momen Dorong untuk Oprit 8 m

Nama	Beban (ton)	Lengan (m)	Momen (t.m)
Pa cos(δ)	16,873	2,67	44,995
	ΣMomen Dorong		44,995

Sehingga didapat nilai SF sebagai berikut:

$$SF = \frac{M_{penahan}}{M_{dorong}} = \frac{268,188 \text{ t.m}}{44,995 \text{ t.m}} = 5,96 > 3 \text{ (OK)}$$

6.6.3.2.2 Kontrol terhadap Geser

Perhitungan kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan **Perumusan 2.40**. Berikut adalah contoh perhitungan kontrol guling pada oprit dengan ketinggian 8 m:

$$\text{Gaya penahan} = \left[\left(2,259 \text{ t/m}^2 + \frac{(Ws + Pa \sin \delta) x \tan 28,5^\circ}{5,5 \text{ m}} \right) x 5,5 \text{ m} \right]$$

$$= \left[\left(2,259 \text{ t/m}^2 + \frac{(79,2 \text{ t} + 9,161 \text{ t}) x \tan 28,5^\circ}{5,5 \text{ m}} \right) x 5,5 \text{ m} \right]$$

$$= 60,403 \text{ ton}$$

$$\text{Gaya dorong} = (Pa \cos \delta) \text{ ton}$$

$$= 16,873 \text{ ton}$$

$$SF = \frac{60,403 \text{ ton}}{16,873 \text{ ton}} = 3,58 > 3 \text{ (OK)}$$

6.6.3.2.3 Kontrol terhadap Daya Dukung Tanah

Perhitungan kontrol stabilitas eksternal *geotextile wall* terhadap daya dukung tanah dihitung menggunakan **Perumusan 2.42**. Di mana untuk menghitung $q_{ultimate}$ diasumsikan bahwa dasar timbunan yang diperkuat dengan *geotextile* dihitung sebagai pondasi dangkal dengan B (lebar pondasi) = 11 m dan D (kedalaman pondasi) = 0 m. Sedangkan q_{actual} adalah beban yang terjadi akibat berat sendiri timbunan dan beban lalu lintas di atasnya. Dibawah ini adalah contoh perhitungan $q_{ultimate}$ dan q_{actual} oprit setinggi 8 m :

$$\Phi = 0^\circ$$

$$N_c = 5,14$$

$$N_\gamma = 0$$

$$N_q = 1$$

$$C = 2,259 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_t = 1,620 \text{ t/m}^3$$

$$B = 11 \text{ m}$$

$$q = 1,72 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} q_{ultimate} &= (C.N_c) + (\gamma.D.N_q) + (0,5.\gamma_{tanahdasar}.B.N_\gamma) \\ &= (2,259 \times 5,14) + (0 \times 1) + (0,5 \times 1,620 \times \\ &\quad 11 \times 0) \\ &= 11,611 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{actual} &= V/A \\ &= (\gamma_{timb} \times H) + q \\ &= (1,8 \times 8) + 1,72 \text{ t/m}^2 \\ &= 16,120 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan,

$$SF = \frac{q_{ultimate}}{q_{actual}} = \frac{11,611}{16,120} = 0,72 < 3 \text{ (Tidak Aman)}$$

Karena SF yang terjadi sangat kecil, maka dilakukan penggantian tanah dasar sedalam 1 m dengan cara menggali tanah dasar yang lama dan diurug kembali dengan tanah yang memiliki daya dukung lebih baik. Berikut data material tanah dasar yang akan diurug sedalam 1 m:

$$\Phi = 0^\circ$$

$$N_c = 5,14$$

$$N_\gamma = 0$$

$$N_q = 1$$

$$C = 9,5 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_t = 1,620 \text{ t/m}^3$$

$$B = 11 \text{ m}$$

$$q = 1,72 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} q_{ultimate} &= (C.N_c) + (\gamma.D.N_q) + (0,5.\gamma_{tanahdasar}.B.N_\gamma) \\ &= (9,5 \times 5,14) + (0 \times 1) + (0,5 \times 1,620 \times \\ &\quad 11 \times 0) \\ &= 48,83 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{actual} &= V/A \\ &= (\gamma_{timb} \times H) + q \end{aligned}$$

$$= (1,8 \times 8) + 1,72 \text{ t/m}^2$$

$$= 16,120 \text{ t/m}^2$$

Sehingga didapatkan,

$$\text{SF} = \frac{q_{ultimate}}{q_{actual}} = \frac{48,83}{16,12} = 3,03 > 3 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, dapat dilihat bahwa dengan mengganti material tanah dasar sedalam 1 m dengan material tanah yang lebih baik (dengan nilai $c = 95 \text{ kPa}$ yaitu *stiff soil*) dapat meningkatkan daya dukung tanah secara signifikan. Alternatif lain untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar adalah dengan menggunakan *minipile* beton atau kayu dolken yang dipasang di bawah timbunan, Namun, alternatif dengan menggunakan *minipile* beton akan sangat mahal harganya. Alternatif dengan menggunakan kayu dolken juga tidak baik, karena tidak *sustainable development* dan merusak lingkungan. Sehingga, alternatif yang baik adalah dengan penggantian tanah dasar sedalam 1 m dengan material tanah yang lebih baik. Perlu dilakukan perhitungan kontrol stabilitas eksternal *geotextile wall* terhadap daya dukung tanah untuk setiap perbedaan ketinggian oprit.

6.6.4 Perencanaan Dinding dan Pondasi Dangkal

Dalam perencanaan akhir dari *geotextile wall*, lapisan luar oprit timbunan akan ditutupi oleh dinding panel beton segmental. Dinding hanya berfungsi sebagai *facing* tidak sebagai struktur utama perkuatan dikarenakan perkuatannya sendiri ada pada material *geotextile* yang telah terpasang. Dinding ini akan berdiri di atas *sloof*, *sloof* ini bertujuan sebagai pondasi dangkal. Berikut adalah data perencanaan dinding panel beton segmental dan tanah dasar:

Panjang	= 2440 mm
Lebar	= 610 mm
Tebal	= 75 mm
Berat	= 180 kg/m ²

$$\begin{aligned}
\Phi &= 0 \\
N_c &= 5,14 \\
N_\gamma &= 0 \\
N_q &= 1 \\
C &= 22,59 \text{ kN/m}^2 \\
\gamma_t &= 16,20 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

Lebar dan kedalaman pondasi yang direncanakan adalah 0,5 m dan 1 m. Berikut adalah perhitungan perencanaan pondasi dangkal dinding:

$$\begin{aligned}
W_{\text{dinding}} &= 180 \text{ kg/m}^2 \times A_{\text{dinding pada oprit timbunan}} \\
&= 180 \text{ kg/m}^2 \times 720 \text{ m}^2 \\
&= 129600 \text{ kg} \\
&= 1296 \text{ kN} \\
q_{\text{actual}} &= 1296 \text{ kN} / (0,5 \text{ m} \times 160 \text{ m}) \\
&= 16,2 \text{ kN/m}^2 \\
q_{\text{ultimate}} &= (C' \times N_c) + (q \times N_q) + (0,5 \times \gamma'_{\text{tanahdasar}} \times B \times N_\gamma) \\
&= (22,59 \times 5,14) + (16,20 \times 1) + (0,5 \times 6,20 \times 0,3 \times 0) \\
&= 132,331 \text{ kN/m}^2 \\
q_{\text{ijin}} &= \frac{q_{\text{ultimate}}}{3} \\
&= \frac{132,331 \text{ kN/m}^2}{3} \\
&= 44,11 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

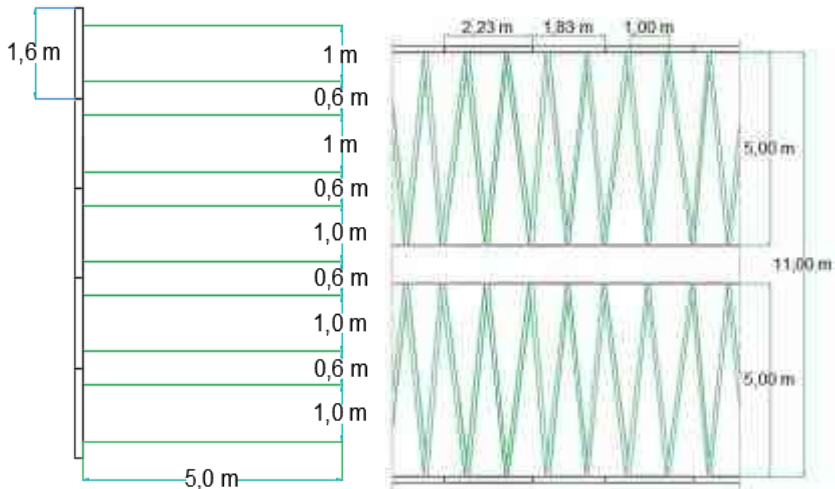
$$q_{\text{actual}} < q_{\text{ultimate}} \text{ (OK!)}$$

6.7 Alternatif Perencanaan *Freyssisol* sebagai Perkuatan Timbunan Oprit

Alternatif berikutnya adalah menggunakan perkuatan *Freyssisol*. Perkuatan dengan *Freyssisol* ini memperhitungkan gaya tanah yang mendorong dinding *precast* dan kekuatan bahan gaya tarik dari *paraweb strap*. Dinding *precast* dan *paraweb straps* tersebut adalah satu kesatuan yang saling terikat dan

disebut *freyssisol*. Dalam Tugas Akhir ini, perencanaan *freyssisol* menggunakan *paraweb straps* dengan memiliki kekuatan tarik sebesar 30 kN, 50 kN, dan 100 kN.

Ilustrasi penggunaan sistem *freyssisol* untuk timbunan oprit dapat dilihat pada **Gambar 6.45**. Satu dinding *precast* memiliki 2 alternatif pemasangan *paraweb straps*. Alternatif pertama adalah 2 *paraweb straps* (1 *paraweb straps* di atas dan 1 *paraweb straps* di bawah) dengan jarak pemasangan vertikal adalah 1 meter. Alternatif kedua adalah 4 *paraweb straps* (2 *paraweb straps* di atas dan 2 *paraweb straps* di bawah) dengan jarak pemasangan vertikal adalah 1 meter. Tinggi dan lebar 1 dinding *precast* adalah 1,6 m dan 2,23 m.



Gambar 6.45 Sketsa Penggunaan *Freyssisol* untuk Timbunan Oprit

6.7.1 Perhitungan Kebutuhan *Freyssisol*

Dalam Tugas Akhir ini, perencanaan *freyssisol* digunakan untuk timbunan oprit dengan ketinggian 8 m, 7 m, 6 m, 5 m, 4 m, dan 3 m. Berikut adalah contoh perhitungan kebutuhan *paraweb*

straps yang menarik dinding *precast* pada satu kesatuan sistem *freysisol* untuk ketinggian oprit 8 m.

- Menentukan nilai fungsi persamaan tegangan horizontal terhadap kedalaman z:

$$\Phi = 30^\circ$$

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2(45 - \Phi/2) \\ &= \tan^2(45 - 30^\circ/2) \\ &= 0,333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_h &= \sigma_{hs} + \sigma_{hq} \\ &= (K_a \times \gamma \times z) + (K_a \times q) \\ &= (0,333 \times 18 \text{ kN/m}^3 \times z) + (0,333 \times 17,2 \text{ kN/m}^2) \\ &= (6z + 5,733) \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan nilai $T_{allowable}$:

$$T_{ult} = 100 \text{ kN}$$

$$T_{cr} = 60\% \times 100 \text{ kN} = 60 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} T_{allow} &= \frac{T_{cr}}{f_n \cdot f_m11 \cdot f_m121 \cdot f_m122 \cdot f_m21 \cdot f_m22} \\ &= \frac{60 \text{ kN}}{1 \times 1 \times 1 \times 1,05 \times 1,05 \times 1,05} \\ &= 51,83 \text{ kN} \end{aligned}$$

Rekap nilai T_{allow} untuk masing-masing nilai T_{ult} yang direncanakan dapat dilihat pada **Tabel 6.39**

Tabel 6.39 Rekap Nilai T_{allow} untuk masing-masing Nilai T_{ult}

T_{ult} (kN)	T_{allow} (kN)
100	51,83
50	25,92
30	15,55

Setelah mendapatkan persamaan tegangan horisontal untuk setiap kedalaman z meter, kemudian dihitung gaya horizontal

yang mendorong masing-masing dinding *precast*. Berikut adalah contoh perhitungan gaya horisontal untuk dinding *precast* yang terpasang paling tinggi pada ketinggian timbunan oprit 8 m.

$$b_{\text{dinding}} = 2,23 \text{ m}$$

$$h_{\text{dinding}} = 1,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{horisontal}} &= (6z + 5,733) \text{ kN/m}^2 \\ &= ((6 \times 1,6 \text{ m}) + 5,733) \text{ kN/m}^2 \\ &= 15,33 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{\text{dorong}} &= 0,5 \times \sigma_h \times b_{\text{dinding}} \times h_{\text{dinding}} \\ &= 0,5 \times 15,33 \text{ kN/m}^2 \times 2,23 \text{ m} \times 1,6 \text{ m} \\ &= 27,35 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{\text{tarik}} &= 2 \text{ buah} \times T_{\text{allow}} \\ &= 2 \times 15,55 \text{ kN (menggunakan } T_u = 30 \text{ kN)} \\ &= 31,10 \text{ kN} > 27,35 \text{ kN (OK!)}\end{aligned}$$

Jumlah kebutuhan *paraweb straps* untuk masing-masing dinding *precast* ketinggian oprit timbunan dapat dilihat pada tabel-tabel di bawah ini.

Tabel 6.40 Rekap Kebutuhan *Paraweb Straps* untuk masing-masing Dinding *Precast*, H oprit = 8 m

No	z (m)	h dinding (m)	Gaya Horisontal (kN)	Jumlah <i>Paraweb Straps</i>			Σ Gaya Tarik (kN)	Keterangan
				Tu 100kN	Tu 50kN	Tu 30kN		
1	1,6	1,6	27,35			2	31,10	OK
2	3,2	1,6	71,84	2			103,66	OK
3	4,8	1,6	106,09	4			207,32	OK
4	6,4	1,6	140,34	4			207,32	OK
5	8	1,6	174,59	4			207,32	OK

Tabel 6.41 Rekap Kebutuhan *Paraweb Straps* untuk masing-masing Dinding *Precast*, H oprit = 7 m

No	z (m)	h dinding (m)	Gaya Horizontal (kN)	Jumlah <i>Paraweb Straps</i>			Σ Gaya Tarik (kN)	Keterangan
				Tu 100kN	Tu 50kN	Tu 30kN		
1	1,6	1,6	27,35			2	31,10	OK
2	3,2	1,6	71,84		4		103,66	OK
3	4,8	1,6	106,09	4			207,32	OK
4	6,4	1,6	140,34	4			207,32	OK
5	7,2	0,8	83,02	2			103,66	OK

Tabel 6.42 Rekap Kebutuhan *Paraweb Straps* untuk masing-masing Dinding *Precast*, H oprit = 6 m

No	z (m)	Gaya Horizontal (kN)	h dinding (m)	Jumlah <i>Paraweb Straps</i>			Σ Gaya Tarik (kN)	Keterangan
				Tu 100kN	Tu 50kN	Tu 30kN		
1	1,6	27,35	1,6			2	31,10	OK
2	3,2	71,84	1,6		4		103,66	OK
3	4,8	106,09	1,6	4			207,32	OK
4	6,4	140,34	1,6	4			207,32	OK

Tabel 6.43 Rekap Kebutuhan *Paraweb Straps* untuk masing-masing Dinding *Precast*, H oprit = 5 m

No	z (m)	h dinding (m)	Gaya Horizontal (kN)	Jumlah <i>Paraweb Straps</i>			Σ Gaya Tarik (kN)	Keterangan
				Tu 100kN	Tu 50kN	Tu 30kN		
1	1,6	1,6	27,35			2	31,10	OK

2	3,2	1,6	71,84		4		103,66	OK
3	4,8	1,6	106,09	4			207,32	OK
4	5,6	0,8	65,89	2			103,66	OK

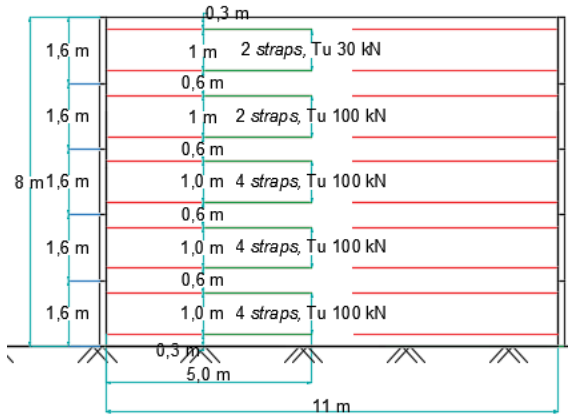
Tabel 6.44 Rekap Kebutuhan *Paraweb Straps* untuk masing-masing Dinding *Precast*, H oprit = 4 m

No	z (m)	h dinding (m)	Gaya Horisontal (kN)	Jumlah <i>Paraweb Straps</i>			Σ Gaya Tarik (kN)	Keterangan
				Tu 100kN	Tu 50kN	Tu 30kN		
1	1,6	1,6	27,35			2	31,10	OK
2	3,2	1,6	71,84		4		103,66	OK
3	4	0,8	48,76		2		51,83	OK

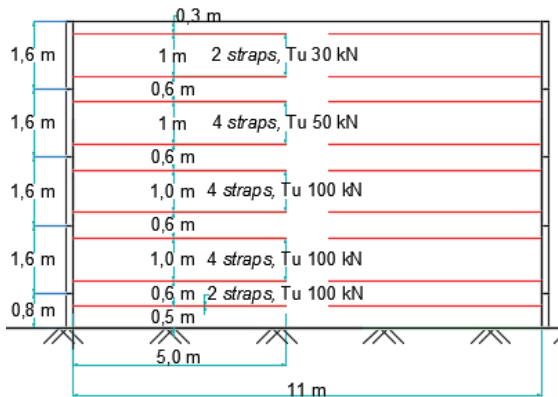
Tabel 6.45 Rekap Kebutuhan *Paraweb Straps* untuk masing-masing Dinding *Precast*, H oprit = 3 m

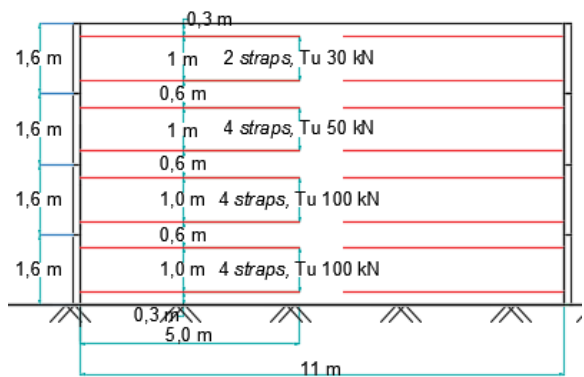
No	z (m)	h dinding (m)	Gaya Horisontal (kN)	Jumlah <i>Paraweb Straps</i>			Σ Gaya Tarik (kN)	Keterangan
				Tu 100kN	Tu 50kN	Tu 30kN		
1	1,6	1,6	27,35			2	31,10	OK
2	3,2	1,6	71,84		4		103,66	OK

Berikut adalah sketsa pemasangan *geotextile wall* arah melintang pada setiap ketinggian oprit timbunan yang direncanakan.

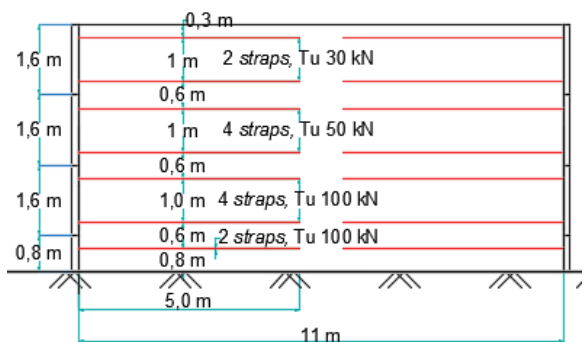


Gambar 6.46 Sketsa Pemasangan *straps* (*freyssisol*) untuk Ketinggian Oprit 8 m

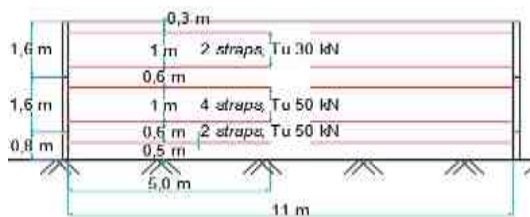




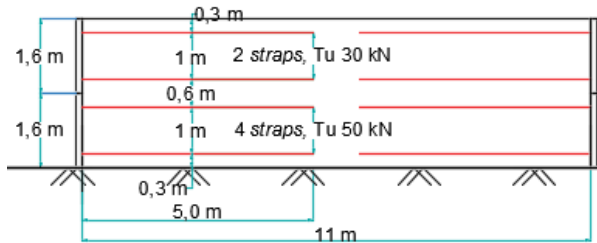
Gambar 6.48 Sketsa Pemasangan *straps* (*freyssisol*) untuk Ketinggian Oprit 6 m



Gambar 6.49 Sketsa Pemasangan *straps* (*freyssisol*) untuk Ketinggian Oprit 5 m



Gambar 6.50 Sketsa Pemasangan *straps* (*freyssisol*) untuk Ketinggian Oprit 4 m



Gambar 6.51 Sketsa Pemasangan *straps* (*freyssisol*) untuk Ketinggian Oprit 3 m

6.7.2 Kontrol *External Stability*

Pada perencanaan *freyssisol* diperlukan adanya kontrol *external stability* yaitu terhadap guling, geser, dan daya dukung terhadap timbunan.

6.7.2.1 Kontrol terhadap Guling

Perhitungan kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan **Perumusan 2.41**.

$$M_{\text{penahan}} = Pa \sin(\delta) \times \text{Jarak Titik Berat ke Titik O} + (\gamma_t \times \text{Luas Tanah di freyssisol} \times \text{Jarak ke Titik O})$$

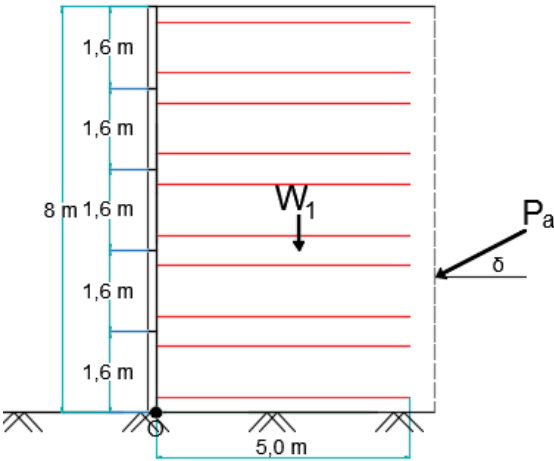
$$M_{\text{dorong}} = Pa \cos(\delta) \times \text{Jarak Titik Berat ke Titik O}$$

$$\begin{aligned} Pa &= K_a \times 0,5 \times \gamma_t \times h^2 \\ &= 0,333 \times 0,5 \times 1,8 \text{ t/m}^3 \times (8 \text{ m})^2 \\ &= 19,200 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$Pa \cdot \cos(\delta) = 19,200 \text{ t/m} \times \cos 28,5^\circ = 16,873 \text{ t/m}$$

$$Pa \cdot \sin(\delta) = 19,200 \text{ t/m} \times \sin 28,5^\circ = 9,161 \text{ t/m}$$

Sketsa gaya dan momen yang bekerja pada oprit untuk ketinggian 8 m dapat dilihat pada **Gambar 6.52**. Perhitungan momen penahan dan momen dorong untuk ketinggian oprit 8 m ditampilkan pada **Tabel 6.46** dan **Tabel 6.47**.



Gambar 6.52 Gaya dan Momen yang bekerja pada Oprit 8 m

Tabel 6.46 Perhitungan Momen Penahan untuk Oprit 8 m

Nama	Panjang (m)	Tinggi (m)	Berat (ton)	Lengan (m)	Momen (t.m)
1	5,5	7,7	69,3	2,5	173,25
Pa sin(δ)	-	-	9,161	5,5	50,389
Σ Momen Penahan					223,638

Tabel 6.47 Perhitungan Momen Dorong untuk Oprit 8 m

Nama	Beban (ton)	Lengan (m)	Momen (t.m)
Pa cos(δ)	16,873	2,67	44,995
Σ Momen Dorong			44,995

Sehingga didapat nilai SF sebagai berikut:

$$SF = \frac{M_{\text{penahan}}}{M_{\text{dorong}}} = \frac{223,638 \text{ t.m}}{44,995 \text{ t.m}} = 4,97 > 3 \text{ (OK)}$$

Hasil perhitungan kontrol terhadap guling untuk setiap ketinggian timbunan oprit yang direncanakan dapat dilihat pada **Tabel 6.48**.

Tabel 6.48 Rekap Perhitungan SF Guling

Tinggi Oprit (m)	Momen Dorong (t.m)	Momen Penahan (t.m)	SF	Keterangan
8	44,995	223,638	4,97	OK!
7	34,450	211,828	6,15	OK!
6	25,310	165,593	6,54	OK!
5	17,576	156,933	8,93	OK!
4	11,249	49,047	4,36	OK!
3	6,327	30,576	4,83	OK!

6.7.2.2 Kontrol terhadap Geser

Perhitungan kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan **Perumusan 2.40**. Berikut adalah contoh perhitungan kontrol guling pada oprit dengan ketinggian 8 m:

$$\text{Gaya penahan} = \left[\left(2,259 \text{ t/m}^2 + \frac{(Ws + Pa \sin \delta) x \tan 28,5^\circ}{5m} \right) x 5m \right]$$

$$= \left[\left(2,259 \text{ t/m}^2 + \frac{(69,3 \text{ t} + 9,161 \text{ t}) x \tan 28,5^\circ}{5m} \right) x 5m \right]$$

$$= 55,027 \text{ ton}$$

$$\text{Gaya dorong} = (Pa \cos \delta) \text{ ton}$$

$$= 16,873 \text{ ton}$$

$$\text{SF} = \frac{55,027 \text{ ton}}{16,873 \text{ ton}} = 3,26 > 3 \text{ (OK)}$$

Hasil perhitungan kontrol terhadap geser untuk setiap ketinggian timbunan oprit yang direncanakan dapat dilihat pada **Tabel 6.49**.

Tabel 6.49 Rekap Perhitungan SF Geser

Tinggi Oprit (m)	Gaya Dorong (ton)	Gaya Penahan (ton)	SF	Keterangan
8	16,873	55,027	3,26	OK!
7	12,919	53,862	4,17	OK!
6	9,491	45,033	4,74	OK!
5	6,591	44,178	6,70	OK!
4	4,218	33,461	7,93	OK!
3	2,373	21,629	9,12	OK!

6.7.2.3 Kontrol terhadap Daya Dukung Tanah

Perhitungan kontrol stabilitas eksternal *geotextile wall* terhadap daya dukung tanah dihitung menggunakan **Perumusan 2.42**. Di mana untuk menghitung $q_{ultimate}$ diasumsikan bahwa dasar timbunan yang diperkuat dengan *geotextile* dihitung sebagai pondasi dangkal dengan B (lebar pondasi) = 11 m dan D (kedalaman pondasi) = 0 m. Sedangkan q_{actual} adalah beban yang terjadi akibat berat sendiri timbunan dan beban lalu lintas di atasnya. Dibawah ini adalah contoh perhitungan $q_{ultimate}$ dan q_{actual} oprit setinggi 8 m :

$$\Phi = 0^\circ$$

$$N_c = 5,14$$

$$N_y = 0$$

$$N_q = 1$$

$$C = 2,259 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_t = 1,620 \text{ t/m}^3$$

$$B = 11 \text{ m}$$

$$q = 1,72 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 q_{ultimate} &= (C.N_c) + (\gamma.D.N_q) + (0,5.\gamma_{tanahdasar}.B.N_y) \\
 &= (2,259 \times 5,14) + (0 \times 1) + (0,5 \times 1,620 \times 11 \times 0)
 \end{aligned}$$

$$= 11,611 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} q_{\text{actual}} &= V/A \\ &= (\gamma_{\text{timb}} \times H) + q \\ &= (1,8 \times 8) + 1,72 \text{ t/m}^2 \\ &= 16,120 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan,

$$SF = \frac{q_{\text{ultimate}}}{q_{\text{actual}}} = \frac{11,611}{16,120} = 0,72 < 3 \text{ (Tidak Aman)}$$

Karena SF yang terjadi sangat kecil, maka dilakukan penggantian tanah dasar sedalam 1 m dengan cara menggali tanah dasar yang lama dan diurug kembali dengan tanah yang memiliki daya dukung lebih baik. Berikut data material tanah dasar yang akan diurug sedalam 1 m:

$$\Phi = 0^\circ$$

$$N_c = 5,14$$

$$N_\gamma = 0$$

$$N_q = 1$$

$$C = 9,5 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_t = 1,620 \text{ t/m}^3$$

$$B = 11 \text{ m}$$

$$q = 1,72 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} q_{\text{ultimate}} &= (C.N_c) + (\gamma.D.N_q) + (0,5.\gamma_{\text{tanahdasar}}.B.N_\gamma) \\ &= (9,5 \times 5,14) + (0 \times 1) + (0,5 \times 1,620 \times \\ &\quad 11 \times 0) \\ &= 48,83 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{actual}} &= V/A \\ &= (\gamma_{\text{timb}} \times H) + q \\ &= (1,8 \times 8) + 1,72 \text{ t/m}^2 \\ &= 16,12 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan,

$$SF = \frac{q_{ultimate}}{q_{actual}} = \frac{48,83}{16,12} = 3,03 > 3 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, dapat dilihat bahwa dengan mengganti material tanah dasar sedalam 1 m dengan material tanah yang lebih baik (dengan nilai $c = 95$ kPa yaitu *stiff soil*) dapat meningkatkan daya dukung tanah secara signifikan. Alternatif lain untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar adalah dengan menggunakan *minipile* beton atau kayu dolken yang dipasang di bawah timbunan, Namun, alternatif dengan menggunakan *minipile* beton akan sangat mahal harganya. Alternatif dengan menggunakan kayu dolken juga tidak baik, karena tidak *sustainable development* dan merusak lingkungan. Sehingga, alternatif yang baik adalah dengan penggantian tanah dasar sedalam 1 m dengan material tanah yang lebih baik. Perlu dilakukan perhitungan kontrol stabilitas eksternal *geotextile wall* terhadap daya dukung tanah untuk setiap perbedaan ketinggian oprit. Rekapitan perhitungan kontrol stabilitas eksternal *geotextile wall* terhadap daya dukung tanah untuk setiap perbedaan ketinggian oprit disajikan pada **Tabel 6.50** dibawah ini.

Tabel 6.50 Perhitungan Kontrol Daya Dukung

No	Tinggi Oprit (m)	q_{ult} (t/m ²)	q_{act} (t/m ²)	SF	Keterangan
1	8	48,83	16,12	3,03	OK!
2	7	48,83	14,32	3,41	OK!
3	6	48,83	12,52	3,90	OK!
4	5	48,83	10,72	4,56	OK!
5	4	48,83	8,92	5,47	OK!
6	3	48,83	7,12	6,86	OK!

6.7.3 Perencanaan *Geotextile Wall* Arah Memanjang Jembatan

Perencanaan *geotextile wall* arah memanjang jembatan berfungsi sebagai dinding penahan tanah. Dalam Tugas Akhir ini, perencanaan *geotextile wall* menggunakan jenis *polypropylene woven geotextiles* dan tipe UW-250 dengan memiliki kekuatan tarik sebesar 52 kN/m. Jarak antar *geotextile* sama dengan pada perencanaan *geotextile wall* arah melintang jembatan. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam pelaksanaan.

6.7.3.1 Kontrol *Internal Stability*

6.7.3.1.1 Perhitungan Jarak Pemasangan *Geotextile* (Sv)

- Menentukan nilai fungsi persamaan tegangan horizontal terhadap kedalaman z:

$$\Phi = 30^\circ$$

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2(45 - \Phi/2) \\ &= \tan^2(45 - 30^\circ/2) \\ &= 0,333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_h &= \sigma_{hs} + \sigma_{hq} \\ &= (K_a \times \gamma_t \times z) + (K_a \times q) \\ &= (0,333 \times 18 \text{ kN/m}^3 \times z) + (0,333 \times 17,2 \text{ kN/m}^2) \\ &= (6z + 5,733) \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan nilai *T allowable*:

$$\begin{aligned} T_{\text{allow}} &= \frac{T}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \\ &= \frac{52 \text{ kN/m}}{1,1 \times 2,5 \times 1 \times 1} \\ &= 18,909 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Perencanaan jarak vertikal (Sv) disesuaikan dengan jarak vertikal pada pemasangan *paraweb straps* bertujuan untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan. Hasil rekap perhitungan Sv dapat dilihat pada **Tabel 6.51**.

Tabel 6.51 Rekap Nilai Sv untuk Ketinggian Oprit 8 m

No	z (m)	Sv pakai (m)
1	0,3	0,3
2	1,3	1
3	1,9	0,6
4	2,9	1
5	3,5	0,6
6	4,5	1
7	5,1	0,6
8	6,1	1
9	6,7	0,6
10	7,7	1
11	8	0,3

6.7.3.1.2 Perhitungan Panjang *Geotextile*

Setelah mendapatkan nilai Sv untuk pemasangan *geotextile* pada masing-masing ketinggian oprit yang direncanakan, maka dapat dihitung panjang *geotextile* yang diperlukan. Perhitungan panjang total *geotextile* yang ditanam (L_{total}) menggunakan **Perumusan 2.36**. Berikut adalah contoh perhitungan panjang *geotextile* untuk perencanaan oprit setinggi 8 m dan $z = 8$ m:

$$\begin{aligned}
 Le &= \frac{Sv \times \sigma_h \times SF}{2[c + \sigma v(\tan \delta)]}; \delta = 0,95 \times \Phi = 0,95 \times 30^\circ = 28,5^\circ \\
 &= \frac{0,3 \times 53,733 \times 1,5}{2[22,59 + 18 \times 8 \times (\tan 28,5^\circ)]} \\
 &= 0,15 \text{ m} \leq 1 \text{ m},
 \end{aligned}$$

maka Le yang digunakan adalah 1 m.

$$\begin{aligned}
 Lr &= (H - z) \times [\tan(45^\circ - \Phi/2)] \\
 &= (8 - 8) \times [\tan(45^\circ - 30^\circ/2)]
 \end{aligned}$$

$$Lr = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 L &= Le + Lr \\
 &= 1 \text{ m} + 0 \text{ m}
 \end{aligned}$$

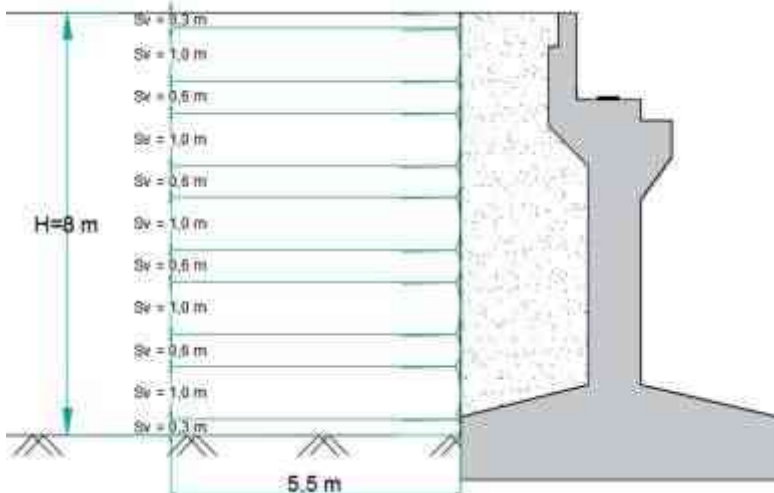
$$\begin{aligned}
 &= 1 \text{ m} \\
 L_{\text{pakai}} &= 5,5 \text{ m} \\
 L_o &= \frac{S_v \times \sigma_h \times SF}{4[c + \sigma_v(\tan \delta)]} \\
 &= \frac{0,3 \times 53,733 \times 1,5}{4[22,59 + 18 \times 8 \times (\tan 28,5^\circ)]} \\
 &= 0,08 \text{ m} \leq 1 \text{ m},
 \end{aligned}$$

maka L_o yang digunakan adalah 1 m.

Sehingga, L_{total} adalah:

$$\begin{aligned}
 L_{\text{total}} &= L_{\text{pakai}} + S_v + L_o \\
 &= 5,5 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 1 \text{ m} \\
 &= 6,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai L_e , L_r , L_o , dan L_{total} selengkapnya ditampilkan pada **Lampiran 7**. Sketsa pemasangan *geotextile wall* arah memanjang dapat dilihat pada **Gambar 6.53**.



Gambar 6.53 Sketsa Pemasangan *Geotextile Wall* Arah Memanjang

6.7.3.2 Kontrol *External Stability*

Pada perencanaan *geotextile wall* diperlukan adanya kontrol *external stability* yaitu terhadap guling, geser, dan daya dukung terhadap timbunan.

6.7.3.2.1 Kontrol terhadap Guling

Perhitungan kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan **Perumusan 2.41**.

$$M_{\text{penahan}} = P_a \sin(\delta) \times \text{Jarak Titik Berat ke Titik O} + (\gamma_t \times \text{Luas Tanah di geotextile} \times \text{Jarak ke Titik O})$$

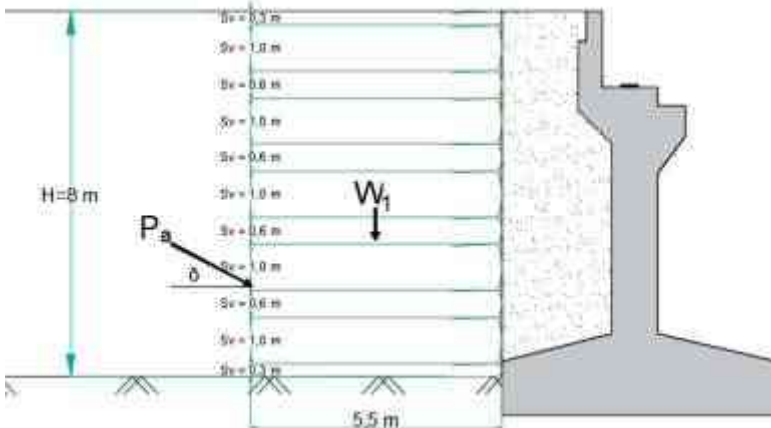
$$M_{\text{dorong}} = P_a \cos(\delta) \times \text{Jarak Titik Berat ke Titik O}$$

$$\begin{aligned} P_a &= K_a \times 0,5 \times \gamma_t \times h^2 \\ &= 0,333 \times 0,5 \times 1,8 \text{ t/m}^3 \times (8 \text{ m})^2 \\ &= 19,200 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$P_a \cdot \cos(\delta) = 19,200 \text{ t/m} \times \cos 28,5^\circ = 16,873 \text{ t/m}$$

$$P_a \cdot \sin(\delta) = 19,200 \text{ t/m} \times \sin 28,5^\circ = 9,161 \text{ t/m}$$

Sketsa gaya dan momen yang bekerja pada oprit untuk ketinggian 8 m dapat dilihat pada **Gambar 6.54**. Perhitungan momen penahan dan momen dorong untuk ketinggian oprit 8 m ditampilkan pada **Tabel 6.52** dan **Tabel 6.53**.



Gambar 6.54 Gaya dan Momen yang bekerja pada Oprit 8 m

Tabel 6.52 Perhitungan Momen Penahan untuk Oprit 8 m

Nama	Panjang (m)	Tinggi (m)	Berat (ton)	Lengan (m)	Momen (t.m)
1	5,5	8	79,2	2,75	217,8
Pa sin(δ)	-	-	9,161	5,5	50,389
Σ Momen Penahan					268,188

Tabel 6.53 Perhitungan Momen Dorong untuk Oprit 8 m

Nama	Beban (ton)	Lengan (m)	Momen (t.m)
Pa cos(δ)	16,873	2,67	44,995
Σ Momen Dorong			44,995

Sehingga didapat nilai SF sebagai berikut:

$$SF = \frac{M_{\text{penahan}}}{M_{\text{dorong}}} = \frac{268,188 \text{ t.m}}{44,995 \text{ t.m}} = 5,96 > 3 \text{ (OK)}$$

6.7.3.2.2 Kontrol terhadap Geser

Perhitungan kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan **Perumusan 2.40**. Berikut adalah contoh perhitungan kontrol guling pada oprit dengan ketinggian 8 m:

$$\begin{aligned} \text{Gaya penahan} &= \left[\left(2,259 \text{ t/m}^2 + \frac{(Ws + Pa \sin \delta) \times \tan 28,5^\circ}{5,5 \text{ m}} \right) \times 5,5 \text{ m} \right] \\ &= \left[\left(2,259 \text{ t/m}^2 + \frac{(79,2 \text{ t} + 9,161 \text{ t}) \times \tan 28,5^\circ}{5,5 \text{ m}} \right) \times 5,5 \text{ m} \right] \\ &= 60,403 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya dorong} &= (Pa \cos \delta) \text{ ton} \\ &= 16,873 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$SF = \frac{60,403 \text{ ton}}{16,873 \text{ ton}} = 3,58 > 3 \text{ (OK)}$$

6.7.3.2.3 Kontrol terhadap Daya Dukung Tanah

Perhitungan kontrol stabilitas eksternal *geotextile wall* terhadap daya dukung tanah dihitung menggunakan **Perumusan 2.42**. Di mana untuk menghitung q_{ultimate} diasumsikan bahwa dasar timbunan yang diperkuat dengan *geotextile* dihitung sebagai

pondasi dangkal dengan B (lebar pondasi) = 11 m dan D (kedalaman pondasi) = 0 m. Sedangkan q_{actual} adalah beban yang terjadi akibat berat sendiri timbunan dan beban lalu lintas di atasnya. Dibawah ini adalah contoh perhitungan $q_{ultimate}$ dan q_{actual} oprit setinggi 8 m :

$$\Phi = 0^\circ$$

$$N_c = 5,14$$

$$N_\gamma = 0$$

$$N_q = 1$$

$$C = 2,259 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_t = 1,620 \text{ t/m}^3$$

$$B = 11 \text{ m}$$

$$q = 1,72 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} q_{ultimate} &= (C.N_c) + (\gamma.D.N_q) + (0,5.\gamma_{\text{tanahdasar}}.B.N_\gamma) \\ &= (2,259 \times 5,14) + (0 \times 1) + (0,5 \times 1,620 \times \\ &\quad 11 \times 0) \\ &= 11,611 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{actual} &= V/A \\ &= (\gamma_{\text{timb}} \times H) + q \\ &= (1,8 \times 8) + 1,72 \text{ t/m}^2 \\ &= 16,120 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan,

$$SF = \frac{q_{ultimate}}{q_{actual}} = \frac{11,611}{16,120} = 0,72 < 3 \text{ (Tidak Aman)}$$

Karena SF yang terjadi sangat kecil, maka dilakukan penggantian tanah dasar sedalam 1 m dengan cara menggali tanah dasar yang lama dan diurug kembali dengan tanah yang memiliki daya dukung lebih baik. Berikut data material tanah dasar yang akan diurug sedalam 1 m:

$$\Phi = 0^\circ$$

$$N_c = 5,14$$

$$N_\gamma = 0$$

$$N_q = 1$$

$$C = 9,5 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_t = 1,620 \text{ t/m}^3$$

$$B = 11 \text{ m}$$

$$q = 1,72 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} q_{ultimate} &= (C.N_c) + (\gamma.D.N_q) + (0,5.\gamma_{\text{tanah dasar}}.B.N_\gamma) \\ &= (9,5 \times 5,14) + (0 \times 1) + (0,5 \times 1,620 \times \\ &\quad 11 \times 0) \\ &= 48,83 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{actual} &= V/A \\ &= (\gamma_{\text{timb}} \times H) + q \\ &= (1,8 \times 8) + 1,72 \text{ t/m}^2 \\ &= 16,120 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

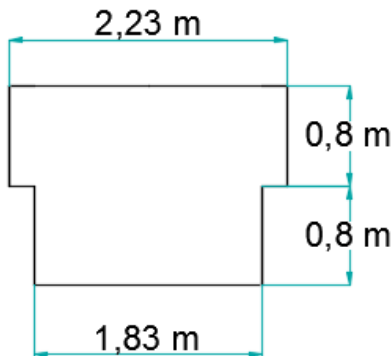
Sehingga didapatkan,

$$SF = \frac{q_{ultimate}}{q_{actual}} = \frac{48,83}{16,12} = 3,03 > 3 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, dapat dilihat bahwa dengan mengganti material tanah dasar sedalam 1 m dengan material tanah yang lebih baik (dengan nilai $c = 95 \text{ kPa}$ yaitu *stiff soil*) dapat meningkatkan daya dukung tanah secara signifikan. Alternatif lain untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar adalah dengan menggunakan *minipile* beton atau kayu dolken yang dipasang di bawah timbunan, Namun, alternatif dengan menggunakan *minipile* beton akan sangat mahal harganya. Alternatif dengan menggunakan kayu dolken juga tidak baik, karena tidak *sustainable development* dan merusak lingkungan. Sehingga, alternatif yang baik adalah dengan penggantian tanah dasar sedalam 1 m dengan material tanah yang lebih baik. Perlu dilakukan perhitungan kontrol stabilitas eksternal *geotextile wall* terhadap daya dukung tanah untuk setiap perbedaan ketinggian oprit.

6.7.4 Perencanaan Dinding dan Pondasi Dangkal

Dalam perencanaan *freysisol*, lapisan luar oprit timbunan akan ditutupi oleh dinding beton *precast*. Dinding ini akan mengalami gaya dorong horisontal dan akan ditarik sebagai perlawanannya oleh *paraweb straps* yang telah direncanakan sebelumnya. Dinding ini akan berdiri di atas *sloof*, *sloof* ini bertujuan sebagai pondasi dangkal. Berikut adalah data perencanaan dinding beton *precast* (**Gambar 6.55**) dan tanah dasar:



Gambar 6.55 Dimensi Dinding Beton *Precast*

Tebal dinding = 160 mm

Berat dinding = 384 kg/m^2

Φ = 0

N_c = 5,14

N_y = 0

N_q = 1

C = $22,59 \text{ kN/m}^2$

γ_t = $16,20 \text{ kN/m}^2$

Lebar dan kedalaman pondasi yang direncanakan adalah 0,5 m dan 1 m. Berikut adalah perhitungan perencanaan pondasi dangkal dinding:

$$\begin{aligned} W_{\text{dinding}} &= 384 \text{ kg/m}^2 \times A_{\text{dinding pada oprit timbunan}} \\ &= 384 \text{ kg/m}^2 \times 720 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 276480 \text{ kg} \\
&= 2764,80 \text{ kN} \\
q_{actual} &= 2764,80 \text{ kN} / (0,5 \text{ m} \times 160 \text{ m}) \\
&= 34,56 \text{ kN/m}^2 \\
q_{ultimate} &= (C' \times N_c) + (q \times N_q) + (0,5 \times \gamma'_{\text{tanahdasar}} \times B \times N_\gamma) \\
&= (22,59 \times 5,14) + (16,20 \times 1) + (0,5 \times 6,20 \times 0,3 \times 0) \\
&= 132,331 \text{ kN/m}^2 \\
q_{ijin} &= \frac{q_{ultimate}}{3} \\
&= \frac{132,331 \text{ kN/m}^2}{3} \\
&= 44,11 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

$$q_{actual} < q_{ultimate} \text{ (OK!)}$$

6.8 Pemilihan Alternatif Perkuatan Timbunan Oprit

Dalam Tugas Akhir ini, perencanaan perkuatan timbunan oprit ada dua alternatif yaitu dengan *geotextile wall* atau *freyssisol*. Pemilihan alternatif perkuatan timbunan oprit adalah berdasarkan total biaya material termurah.

6.8.1 Perhitungan Total Biaya Material pada Alternatif 1

Alternatif 1 adalah alternatif perkuatan timbunan oprit dengan menggunakan *geotextile wall* untuk arah melintang dan arah memanjang timbunan oprit. Pola pemasangan PVD yang digunakan adalah pola segiempat dengan jarak antar PVD adalah 1,2 m. Pada alternatif ini juga digunakan dinding panel segmental sebagai dinding penutup timbunan oprit. Total kebutuhan dan biaya material pada alternatif 1 dapat dilihat pada **Tabel 6.54**.

Tabel 6.54 Total Kebutuhan dan Biaya Material pada Alternatif 1

No	Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total Harga
1	Timbunan	15840	m ³	Rp230.000	Rp3.643.200.000
2	PVD	44640	m	Rp3.500	Rp156.240.000
3	PHD	3520	m	Rp117.000	Rp411.840.000
4	<i>Geotextile</i> (melintang)	43720	m ²	Rp17.000	Rp743.240.000
5	<i>Geotextile</i> (memanjang)	4037	m ²	Rp17.000	Rp68.629.000
6	Dinding Penutup	1440	m ²	Rp198.000	Rp285.120.000
Σ					Rp5.308.269.000

6.8.2 Perhitungan Total Biaya Material pada Alternatif 2

Alternatif 2 adalah alternatif perkuatan timbunan oprit dengan menggunakan *freyssisol* untuk arah melintang dan *geotextile* untuk arah memanjang timbunan oprit. Pola pemasangan PVD yang digunakan adalah pola segiempat dengan jarak antar PVD adalah 1,2 m. Pada alternatif ini sistem *freyssisol* yang terpasang adalah suatu kesatuan dari *paraweb straps* yang menarik dinding beton *precast*. Harga satuan *paraweb straps* adalah harga satuan per kilogram. Perhitungan harga *paraweb straps* yang dibutuhkan dalam perencanaan pada setiap ketiaian oprit timbunan dapat dilihat pada **Tabel 6.55**.

Tabel 6.55 Perhitungan Harga *Paraweb Straps* pada Setiap Ketinggian Oprit Timbunan

Tu (kN)	H (m)	Berat (kg)	Total (kg)	Harga Satuan	Total Harga
30	8	30,53	183,20	Rp68.422	Rp12.534.715
	7	30,53			
	6	30,53			
	5	30,53			
	4	30,53			
	3	30,53			
50	8	-	967,87308	Rp68.026	Rp65.840.534
	7	184,19			
	6	184,19			
	5	184,19			
	4	231,12			
	3	184,19			
100	8	960,76	2587,10	Rp68.817	Rp178.036.491
	7	665,58			
	6	590,37			
	5	370,39			
	4	-			
	3	-			
Σ					Rp256.411.740

Total kebutuhan dan biaya material pada alternatif 2 dapat dilihat pada **Tabel 6.56**.

Tabel 6.56 Total Kebutuhan dan Biaya Material pada Alternatif 2

No	Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total Harga
1	Timbunan	15840	m ³	Rp230.000	Rp3.643.200.000
2	PVD	44640	m	Rp3.500	Rp156.240.000
3	PHD	3520	m	Rp117.000	Rp411.840.000
4	<i>Paraweb 2S Straps (Freyssisol)</i>	-	-	-	Rp512.823.480
5	<i>Precast Concrete Wall (Freyssisol)</i>	230,4	m ³	Rp820.000	Rp188.928.000
6	<i>Geotextile (memanjang)</i>	1749	m ²	Rp17.000	Rp29.733.000
Σ					Rp4.942.764.480

Alternatif 1 yaitu dengan perkuatan *geotextile walls* membutuhkan total biaya material sebesar Rp 5.308.269.000,00. Sedangkan, alternatif 2 yaitu dengan perkuatan *freysisol* membutuhkan total biaya material sebesar Rp 4.942.764,480,00. Sehingga dalam pemilihan alternatif berdasarkan efisiensi harga atau harga material yang lebih murah, alternatif 2 dipilih sebagai perkuatan oprit timbunan.

BAB VII

METODE PELAKSANAAN PERBAIKAN DAN PERKUATAN TANAH

Dalam Tugas Akhir ini, metode pelaksanaan yang direncanakan adalah metode pelaksanaan untuk pekerjaan pada oprit timbunan yaitu:

1. Metode pelaksanaan *Geotextile Wall*.
2. Metode pelaksanaan *Freyssisol*.

7.1 Metode Pelaksanaan *Geotextile Wall*

Dalam perencanaan alternatif pertama yaitu dengan *geotextile wall* ini, terdapat beberapa pekerjaan berikut:

1. Pekerjaan persiapan.
2. Penggalian dan pengurugan kembali tanah dasar sedalam 1 m dengan tanah yang memiliki nilai *c* tertentu.
3. Pemasangan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*.
4. Pemasangan *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)*.
5. Pekerjaan *Sloof*.
6. Pemasangan panel beton segmental (dinding sebagai *facing*).
7. Pengurugan sirtu (tanah timbunan) .
8. Pemasangan *geotextile*.
9. Pekerjaan *finishing*.

1. Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan ini adalah pekerjaan pendahuluan yang penting dalam suatu proyek agar dalam proses pembangunan material-material dan aktivitas dalam proyek tidak terganggu dan tidak terjadi sesuatu yang diinginkan. Pekerjaan persiapan ini diantaranya adalah pembersihan lahan dan pembuatan *bouwplank*.

a. Pembersihan Lahan

Tahap pertama yang dilakukan dalam pelaksanaan proyek adalah membersihkan areal pekerjaan sesuai dengan volume yang telah direncanakan. Lokasi proyek harus dibersihkan dari pohon-

pohon dan terutama dari benda-benda tajam yang dapat merobek material *geotextile*.

b. Pembuatan *Bouwplank*

Setelah pembersihan lahan proyek dilaksanakan, diperlukan pembuatan *bouwplank*. Pemasangan *bouwplank* ini dilakukan untuk menentukan di mana lokasi pembangunan yang akan dilaksanakan nantinya dan sebagai pedoman penggalian tanah untuk pondasi

2. Penggalian dan Pengurugan kembali Tanah Dasar sedalam 1 m

Pada perencanaan *geotextile wall* agar aman terhadap kontrol daya dukung, tanah dasar sedalam 1 m diganti dengan material tanah dasar dengan nilai $c = 95$ kPa. Penggalian tanah dasar sedalam 1 m menggunakan *excavator* dan diangkut oleh *dump truck* untuk dibuang keluar lokasi proyek (**Gambar 7.1**). Kemudian material tanah dasar yang baru diangkut dan ditumpahkan oleh *dump truck* ke lokasi proyek. Setelah material tanah ditumpahkan, dilakukan penghamparan secara merata oleh *motor grader* (**Gambar 7.2**).



Gambar 7.1 Pekerjaan Penggalian dan Pengangkutan Tanah dengan *Excavator* dan *Dump Truck*



Gambar 7.2 *Motor Grader*

3. Pemasangan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*

Pemasangan PVD menggunakan *crawler crane* dengan cara menanamkan PVD ke dalam tanah lunak yang kemudian PVD tersebut berfungsi menyerap air di dalam tanah sampai ke permukaan tanah. Berikut adalah urutan pemasangan PVD :

a. Mempersiapkan Alat Berat *Crawler Crane* dan *Mandrel*

Crawler Crane digunakan untuk menggerakkan *mandrel* naik-turun keluar-masuk tanah dan membawa *mandrel* dan material PVD menuju titik-titik yang direncanakan akan dipasang PVD (**Gambar 7.3**). *Mandrel* merupakan besi segi empat persegi panjang berlubang dengan ukuran 2"x5" (**Gambar 7.4**). *Mandrel* berfungsi sebagai selongsong kaku PVD sehingga memungkinkan PVD dapat masuk ke dalam tanah hingga kedalaman yang telah direncanakan.



Gambar 7.3 *Crawler Crane*



Gambar 7.4 *Mandrel*

b. Pemasangan *Anchor Plate*

Anchor plate dipasang di bagian bawah PVD (**Gambar 7.5**). *Anchor plate* berfungsi sebagai penahan ujung PVD yang telah ditanam di dalam tanah dengan kedalaman tertentu agar tidak lepas ketika *mandrel* ditarik keluar.



Gambar 7.5 *Anchor Plate*

c. Pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)

Tahap selanjutnya adalah pemasangan PVD. Berikut urutan pemasangan PVD hingga ke kedalaman yang direncanakan.

- Pemindahan material PVD ke lokasi titik yang telah ditentukan untuk ditanam PVD.
- Memasukkan PVD yang sudah berada di dalam *mandrel* dan sudah terpasang *anchor plate* di bagian bawahnya menggunakan penekanan statis ke dalam tanah sampai kedalaman yang direncanakan yaitu 15,5 m.
- Mandrel diangkat keluar, sehingga PVD dan *anchor plate* akan tertinggal di kedalaman yang direncanakan.
- Potong PVD yang terpasang dengan kelebihan panjang yang telah direncanakan di atas permukaan kerja.

Secara umum urutan-urutan pemasangan PVD dapat dilihat pada **Gambar 7.6** di bawah ini.



Pemasangan PHD bertujuan untuk mengaliri air dari



Pekerjaan *Sloof* berfungsi sebagai tempat meletakkan

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99

panel beton segmental dengan tanah dasar di bawahnya. Konstruksi *sloof* ini adalah sepanjang timbunan oprit yaitu 160 m. Tahapan pekerjaannya adalah penggalian tanah oleh *excavator* dan pekerjaan beton untuk *sloof*.

6. Pemasangan Dinding Panel Beton Segmental

Pemasangan dinding panel beton segmental ini berfungsi sebagai dinding samping oprit timbunan. Dinding ini hanya berfungsi sebagai *facing* dan tidak sebagai struktur utama perkuatan dari oprit timbunan, karena kekuatannya sendiri ada pada material *geotextile* pada oprit timbunan tersebut dan *micropiles* pada dasar timbunan.

Dinding panel beton segmental ini memiliki ukuran panjang 2440 mm, lebar 610 mm, dan tebal 75 mm. Panel beton ini dipasang secara vertikal sepanjang oprit timbunan yaitu 160 m. Pemasangan panel beton segmental ini dibantu oleh *dump truck* untuk mengangkut dinding beton dari pabrik ke lokasi proyek (**Gambar 7.8**) dan *mobile crane* untuk *unloading* dinding dari *truck*. Pemasangan dinding panel beton segmental dapat dilihat pada **Gambar 7.9**.



Gambar 7.8 *Dump Truck* untuk Mengangkut Dinding Panel Beton ke Lokasi Proyek



Gambar 7.9 Pemasangan Panel Beton Segmental

7. Pengurugan Sirtu (Tanah Timbunan)

Berikut adalah tahapan pemadatan sirtu pada timbunan:

- Pengangkutan dan penumpahan sirtu di lokasi pekerjaan oleh *dump truck*.
- Sirtu dihamparkan di lokasi pengurugan sesuai yang telah direncanakan menggunakan *motor grader*.
- Tanah dihamparkan merata dengan ketebalan 50 cm.
- Setelah dihamparkan, sirtu disiram air dengan *water tanker* untuk mendapatkan kepadatan optimum.
- Setelah mencapai kadar air optimum, maka dilakukan pemadatan dengan menggunakan *vibrator roller*. Pemadatan dilakukan sampai tinggi timbunan akhir sesuai yang telah direncanakan. Tiap ketebalan yang telah direncanakan dihamparkan material *geotextile* sebagai perkuatan timbunan.
- Pekerja akan merapikan tepi hamparan dan level permukaan dengan alat bantu selama proses pemadatan.

8. Pemasangan *Geotextile*

Tipe *geotextile* yang digunakan sebagai perkuatan timbunan adalah tipe *woven*. Material *geotextile* ini dihamparkan horizontal pada tanah timbunan (sirtu) yang telah dipadatkan. Jarak pemasangan *geotextile* bervariasi sesuai dengan ketinggian *layer* yang direncanakan. Berikut adalah jarak pemasangan *geotextile* tiap *layer* pada tiap tinggi timbunan yang direncanakan:

Untuk H_{timbunan} 8 m:

- $0 \text{ m} - 3,6 \text{ m} = 0,2 \text{ m}$
- $3,6 \text{ m} - 6,4 \text{ m} = 0,4 \text{ m}$
- $6,4 \text{ m} - 8 \text{ m} = 0,8 \text{ m}$

Untuk $H_{\text{timbunan}} 7 \text{ m}$:

- $0 \text{ m} - 3 \text{ m} = 0,2 \text{ m}$
- $3 \text{ m} - 5,4 \text{ m} = 0,4 \text{ m}$
- $5,4 \text{ m} - 7 \text{ m} = 0,8 \text{ m}$

Untuk $H_{\text{timbunan}} 6 \text{ m}$:

- $0 \text{ m} - 2 \text{ m} = 0,2 \text{ m}$
- $2 \text{ m} - 4,4 \text{ m} = 0,4 \text{ m}$
- $4,4 \text{ m} - 6 \text{ m} = 0,8 \text{ m}$

Untuk $H_{\text{timbunan}} 5 \text{ m}$:

- $0 \text{ m} - 1 \text{ m} = 0,2 \text{ m}$
- $1 \text{ m} - 3,4 \text{ m} = 0,4 \text{ m}$
- $3,4 \text{ m} - 5 \text{ m} = 0,8 \text{ m}$

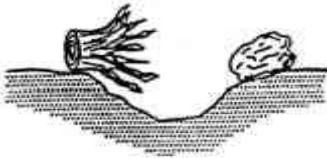
Untuk $H_{\text{timbunan}} 4 \text{ m}$:

- $0 \text{ m} - 2,4 \text{ m} = 0,4 \text{ m}$
- $2,4 \text{ m} - 4 \text{ m} = 0,8 \text{ m}$

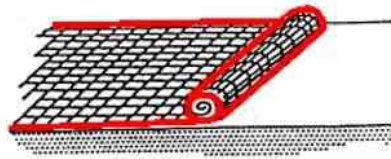
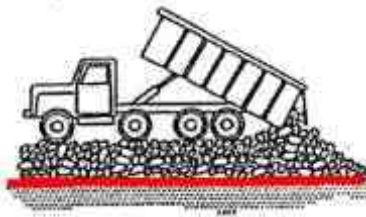
Untuk $H_{\text{timbunan}} 3 \text{ m}$:

- $0 \text{ m} - 1,2 \text{ m} = 0,4 \text{ m}$
- $1,2 \text{ m} - 2 \text{ m} = 0,8 \text{ m}$
- $2 \text{ m} - 3 \text{ m} = 1 \text{ m}$

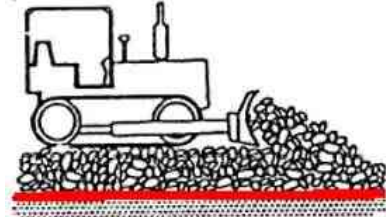
Pada dasar timbunan didapatkan besar panjang *geotextile* yang dibutuhkan tidak perlu selebar timbunan. Akan tetapi, dalam Tugas Akhir ini lapisan dasar dari tanah timbunan pada setiap ketinggian oprit dipasang selebar timbunan. Pemasangan *geotextile* pada dasar tanah timbunan selebar timbunan tersebut bertujuan untuk sebagai perkuatan dan *separation*/pemisah agar material tanah timbunan tidak ikut tercampur dengan tanah asli di bawahnya. Ilustrasi tahapan pekerjaan pemasangan *geotextile* dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini.



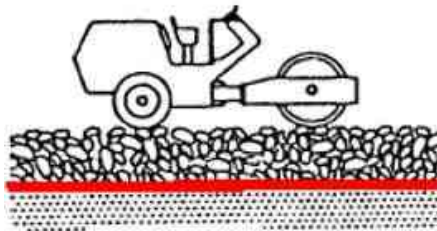
1. Pembersihan Lahan

2. Penggelaran *Geotextile*

3. Penimbunan Material Urugan



4. Perataan Material Urugan



5. Pemadatan Material Urugan

Gambar 7.10 Ilustrasi Tahapan Pekerjaan Pemasangan *Geotextile*

9. Pekerjaan *Finishing*

Setelah mencapai waktu konsolidasi yang direncanakan atau $U = 90\%$, maka tinggi timbunan setinggi $h_{preload}$ yaitu 0,96 m di gali dan diangkut keluar. Kemudian lapisan timbunan paling atas diratakan dan dirapihkan hingga tidak terdapat cekungan-cekungan yang memungkinkan menjadi tempat tampungan air

apabila turun hujan. Hasil perataan dan perapihan timbunan lapis akhir dapat dilihat pada **Gambar 7.11**.



Gambar 7.11 Hasil Perataan dan Perapihan Timbunan Lapis Akhir

7.2 Metode Pelaksanaan *Freyssisol*

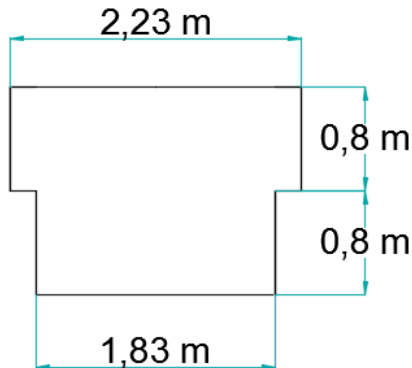
Pekerjaan awal yaitu perbaikan tanah dasar sampai dengan pekerjaan *sloof* pada alternatif kedua ini sama dengan alternatif pertama. Pekerjaan persiapan, penggalian dan pengurugan kembali tanah dasar, pemasangan PVD, pemasangan PHD, dan pekerjaan *sloof* dapat dilihat pada **sub-bab 7.1**. Berikut adalah tahapan pekerjaan setelah pekerjaan *sloof* pada alternatif kedua:

1. Pemasangan dinding *precast*
2. Pemasangan *paraweb straps*
3. Pengurugan sirtu (tanah timbunan)
4. Pekerjaan *finishing*

1. Pemasangan Dinding *Precast*

Pemasangan dinding *precast* dari beton ini berfungsi sebagai *facing*(penutup) oprit timbunan dan sebagai tempat untuk mengkait *paraweb strap* yang menarik dinding *precast* tersebut melawan gaya horisontal tanah yang mendorong. Dimensi dari dinding *precast* ini dapat dilihat pada **Gambar 7.12**. Dinding *precast* ini dipasang secara vertikal sepanjang oprit timbunan yaitu 160 m. Pemasangan panel beton segmental ini dibantu oleh *dump truck* untuk mengangkut dinding beton dari pabrik ke lokasi

proyek (**Gambar 7.8**) dan *mobile crane* untuk *unloading* dinding dari *truck*. Pemasangan dinding *precast* beton dapat dilihat pada **Gambar 7.13**.



Gambar 7.12 Dinding *Precast* Beton



Gambar 7.13 Pemasangan Dinding *Precast* Beton

2. Pemasangan *Paraweb Straps*

Pemasangan *paraweb straps* ini berfungsi sebagai gaya tarik melawan gaya horisontal dari tanah oprit timbunan. *Paraweb straps* ini terikat dengan dinding *precast*, sehingga dapat menarik

3. Pengurugan Sirtu (Tanah Timbunan)

Berikut adalah tahapan pemadatan sirtu pada timbunan:

- Pengangkutan dan penumpahan sirtu di lokasi pekerjaan oleh *dump truck*.
- Sirtu dihamparkan di lokasi pengurugan sesuai yang telah direncanakan menggunakan *motor grader*.
- Tanah dihamparkan merata dengan ketebalan menyesuaikan jarak vertikal pemasangan *paraweb straps*. Jarak vertikal pemasangan *paraweb straps* dapat dilihat pada **sub-bab 6.7**.
- Setelah dihamparkan, sirtu disiram air dengan *water tanker* untuk mendapatkan kepadatan optimum.
- Setelah mencapai kadar air optimum, maka dilakukan pemadatan dengan menggunakan *vibrator roller*. Pemadatan dilakukan sampai tinggi timbunan akhir sesuai yang telah direncanakan.
- Pekerja akan merapikan tepi hamparan dan level permukaan dengan alat bantu selama proses pemadatan.

4. Pekerjaan *Finishing*

Setelah mencapai waktu konsolidasi yang direncanakan atau $U = 90\%$, maka tinggi timbunan setinggi $h_{preload}$ yaitu 0,96 m digali dan diangkut keluar. Kemudian lapisan timbunan paling atas diratakan dan dirapihkan hingga tidak terdapat cekungan-cekungan yang memungkinkan menjadi tempat tampungan air apabila turun hujan. Hasil perataan dan perapihan timbunan lapis akhir dapat dilihat pada **Gambar 7.16**. Hasil pekerjaan pemasangan *freysisol* untuk perkuatan oprit timbunan dapat dilihat pada **Gambar 7.17**.



Gambar 7.16 Hasil Perataan dan Perapihan Timbunan Lapis Akhir



Gambar 7.17 Hasil Pekerjaan Pemasangan *Freyssisol* pada Oprit Timbunan

Berdasarkan metode pelaksanaan dari kedua alternatif di atas, Penulis memilih alternatif 1 yaitu dengan *geotextile wall* sebagai perkuatan oprit timbunan. Pemilihan alternatif 1 karena pertimbangan ketersediaan material *geotextile* di Indonesia lebih mudah didapat dibanding material pada alternatif 2 yaitu *freyssisol*.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

Dalam perencanaan Tugas Akhir ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berikut adalah hasil perencanaan pondasi pada pilar dan abutment jembatan (**Tabel 8.1**).

Tabel 8.1 Rekap Hasil Perencanaan Pondasi pada Pilar dan Abutment Jembatan

No	Perencanaan	Diameter tiang (cm)	Jumlah tiang	Kedalaman (m)	Biaya Material
1	Pilar 1	60	25	27,5	Rp335.000.000
2	Pilar 2	60	16	27,5	Rp214.400.000
3	Abutment	60	24	27,5	Rp321.600.000

Berikut adalah hasil perhitungan penulangan pada pilar dan abutment jembatan (**Tabel 8.2** dan **Tabel 8.3**).

Tabel 8.2 Rekap Hasil Perhitungan Penulangan pada Pilar Jembatan

No	Pilar	Pilecap		Pier Column	Headstock		
		Tul. Lentur	Tul. Bagi	Tul. Utama	Tul. Lentur	Tul. Tekan	Tul. Geser
1	Pilar 1	D25-125	D16-250	64D25	82D25-130	71D19-150	6D13-300
2	Pilar 2	D25-125	D16-250	68D22	75D25-140	65D19-160	6D13-300

Tabel 8.3 Rekap Hasil Perhitungan Penulangan pada Abutment Jembatan

No	Perencanaan	Pilecap		Bentap Wall		Back Wall	
		Tul. Lentur	Tul. Bagi	Tul. Lentur	Tul. Bagi	Tul. Lentur	Tul. Bagi
1	Abutment	D25-125	D16-250	D25-150	D16-300	D16-115	D13-75

2. Pola pemasangan PVD adalah segiempat dengan jarak antar PVD adalah 1,2 m. Kedalaman PVD yang direncanakan adalah 15,5 m. Pola pemasangan PHD adalah selebar oprit timbunan dan jarak horisontal antar PHD adalah 1,2 m.
3. Pada perencanaan perkuatan timbunan alternatif 1 yaitu dengan *geotextile wall* didapatkan hasil perencanaan yang dapat dilihat pada **Lampiran 9** dan luas total *geotextile* sebagai berikut :
 - *Geotextile* arah melintang = 43720 m^2
 - *Geotextile* arah memanjang = 4037 m^2
4. Pada perencanaan perkuatan timbunan alternatif 2 yaitu dengan *freysisol* didapatkan hasil perencanaan yang dapat dilihat pada **Lampiran 9** dan total kebutuhan *paraweb straps* dan *geotextile* sebagai berikut :
 - *Paraweb straps* = 3738,17 kg
 - *Geotextile* arah memanjang = 1749 m^2
5. Penulis memilih alternatif 1 sebagai perkuatan timbunan. Alasan Penulis memilih alternatif 1 adalah ketersediaan material *geotextile* lebih mudah didapat di Indonesia daripada alternatif 2 yaitu menggunakan *freysisol*. Selain itu, Penulis juga mempertimbangkan kesalahan dalam asumsi harga yang digunakan. Karena dalam Tugas Akhir ini, harga satuan untuk *paraweb straps* pada alternatif 2 adalah asumsi dengan menggunakan harga di luar Indonesia.

8.2 Saran

Setelah dilakukan perhitungan dan analisa, Penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Perencanaan oprit timbunan sebaiknya mempertimbangkan lokasi sekitar.
2. Pada perhitungan biaya perencanaan, selanjutnya dapat diperhitungkan biaya pelaksanaan.
3. Untuk perencanaan lebih lanjut, jenis jembatan yang lainnya dapat dipertimbangkan.

DAFTAR PUSTAKA

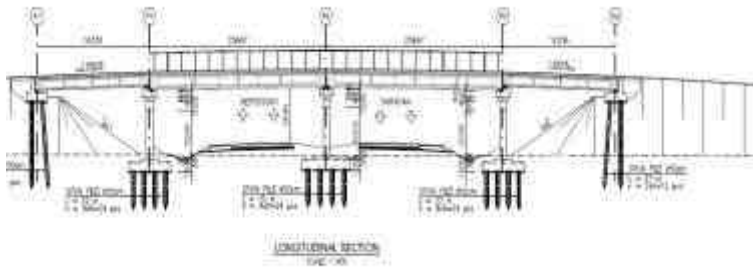
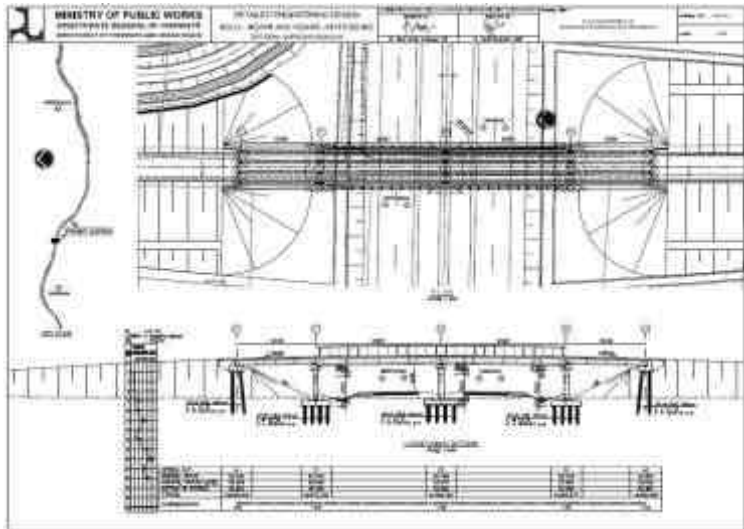
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). *Standar Pembebanan untuk Jembatan* (RSNI T - 02 - 2005)
- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 1*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 2*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Holtz, Robert D and Willam D. Kovacs. 1981. *An Introduction to Geotechnical Engineering*. New Jersey : Prentice-Hall, Inc.
- Mochtar, Noor Endah. 2012. *Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
- Rusdiansyah, dan Mochtar. 2016. *Studi Peningkatan Tahanan Geser Tanah Kohesif Akibat Adanya Perkuatan Tiang-tiang Vertikal Berdasarkan Pemodelan di Laboratorium*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil ITS.
- Terre Armée, 2007. *Specificatii Tehnice-Pamant Armant Cu Ziduri Tip Freyssisol*. <URL: <http://www.proidea.ro/terre-armee-romania-srl229102/freyssisol-pamant-armatzidarie-352525.shtml>>.
- Wahyudi, Herman. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: ITS Press.
- Wahyudi, Herman. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dangkal*. Surabaya: ITS Press.
- Naval Facilities. 1971. *Design Manual: Foundations, and Earth Structures (NACFAC DM-7)*. Alexandria: US Department of the Navy.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

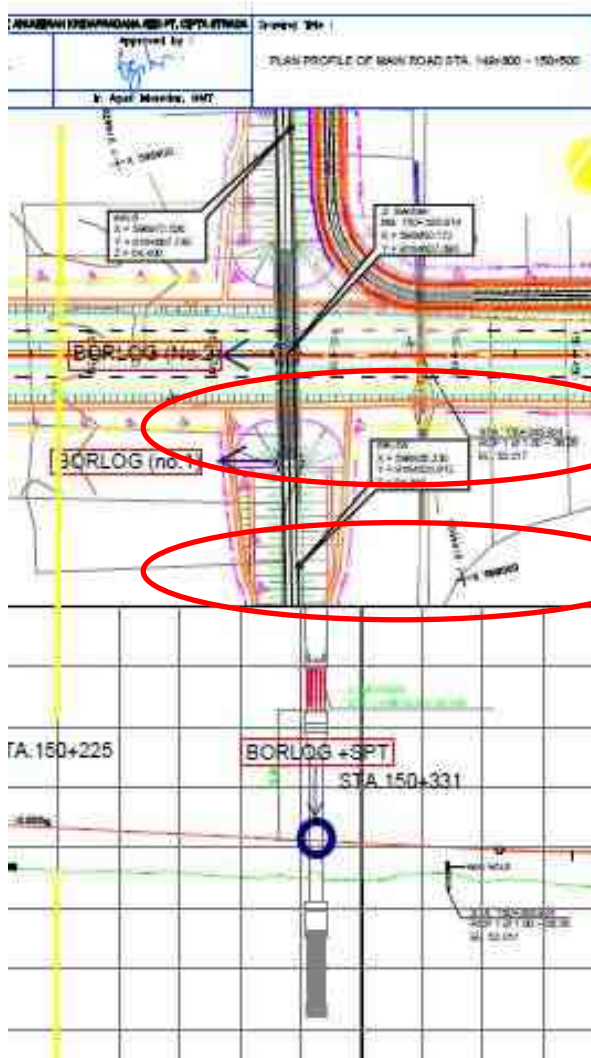
LAMPIRAN 1

DATA PERENCANAAN

Layout Proyek Pembangunan Jembatan *Overpass* Mungkung
Pada Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono STA 150+331

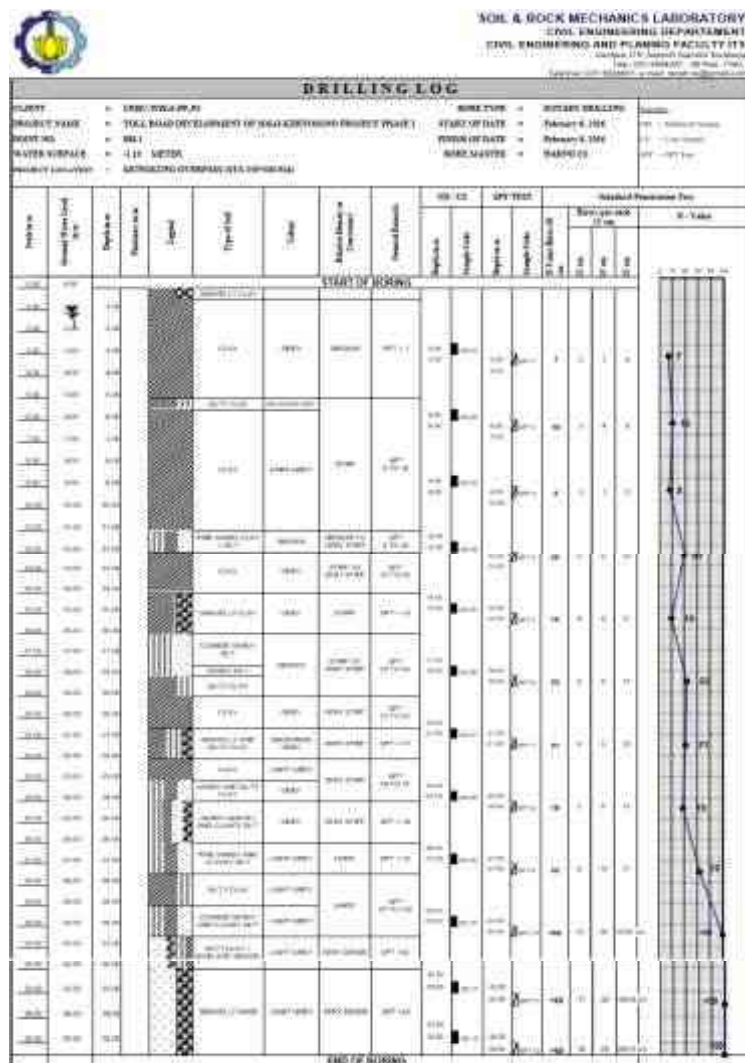


Titik lokasi *Borlog* (BH 1 dan BH 2)

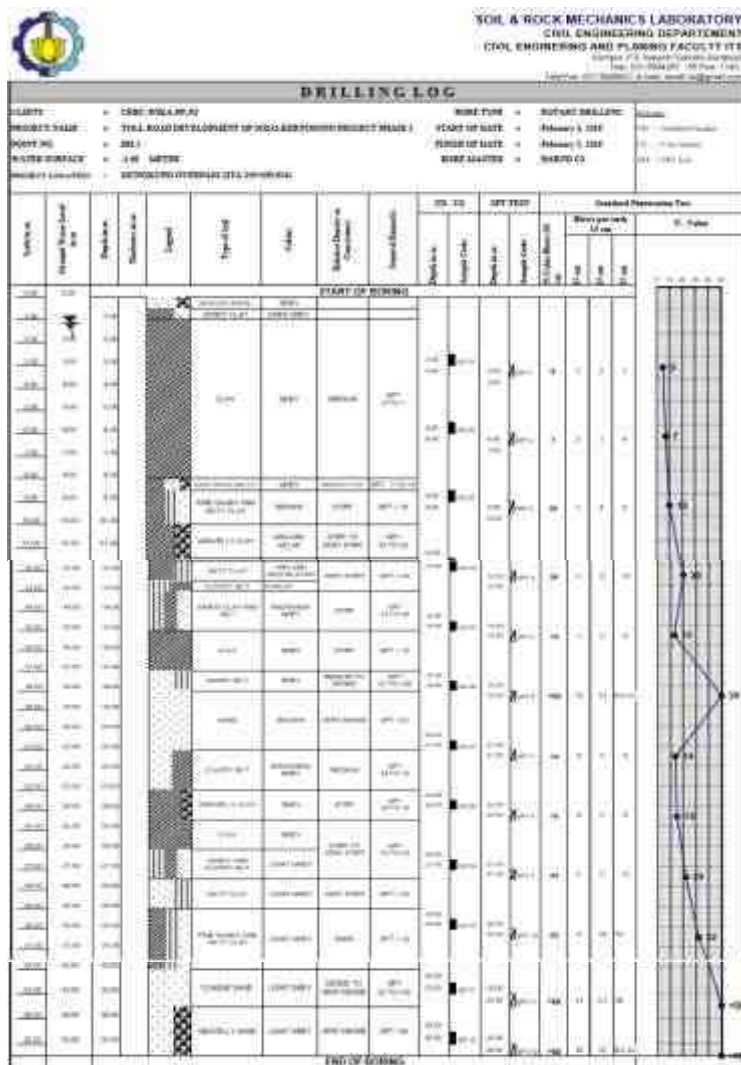


Drilling Log pada Jembatan Overpass Mungkung

BH-1



BH-2



Rekap Hasil Tes Tanah di Laboratorium

BH-1



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JOHNSON TERNER SUPPLY

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kenneth F. Fong, Assistant Secretary

Page 10 of 10

© 2004 Blackwell Publishing Ltd, *Journal of Internal Medicine* 255: 105–112

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

ILLUSTRATION: GUY LAWRENCE FOR ENR

WILLIAM F. STUBBS | BUILD

REAGENT: TILLER'S DEVELOPMENT OF POLY-ANTIBODIES

地址：廣東省廣州市東莞道 10 號 4 樓 401 室
電話：020-83333333 傳真：020-83333333

LEONARDO — *Chrysomela monticola* (Vulgar: leonardo)

Year/Period	Population (millions)									
	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995
1950-1955	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9	5.2
1955-1960	3.1	3.4	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9	5.2	5.5	5.8
1960-1965	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9	5.2	5.5	5.8	6.1	6.4
1965-1970	4.3	4.6	4.9	5.2	5.5	5.8	6.1	6.4	6.7	7.0
1970-1975	4.9	5.2	5.5	5.8	6.1	6.4	6.7	7.0	7.3	7.6
1975-1980	5.5	5.8	6.1	6.4	6.7	7.0	7.3	7.6	7.9	8.2
1980-1985	6.1	6.4	6.7	7.0	7.3	7.6	7.9	8.2	8.5	8.8
1985-1990	6.7	7.0	7.3	7.6	7.9	8.2	8.5	8.8	9.1	9.4
1990-1995	7.3	7.6	7.9	8.2	8.5	8.8	9.1	9.4	9.7	10.0
1995-2000	7.9	8.2	8.5	8.8	9.1	9.4	9.7	10.0	10.3	10.6
2000-2005	8.5	8.8	9.1	9.4	9.7	10.0	10.3	10.6	10.9	11.2
2005-2010	9.1	9.4	9.7	10.0	10.3	10.6	10.9	11.2	11.5	11.8
2010-2015	9.7	10.0	10.3	10.6	10.9	11.2	11.5	11.8	12.1	12.4
2015-2020	10.3	10.6	10.9	11.2	11.5	11.8	12.1	12.4	12.7	13.0
2020-2025	10.9	11.2	11.5	11.8	12.1	12.4	12.7	13.0	13.3	13.6
2025-2030	11.5	11.8	12.1	12.4	12.7	13.0	13.3	13.6	13.9	14.2
2030-2035	12.1	12.4	12.7	13.0	13.3	13.6	13.9	14.2	14.5	14.8
2035-2040	12.7	13.0	13.3	13.6	13.9	14.2	14.5	14.8	15.1	15.4
2040-2045	13.3	13.6	13.9	14.2	14.5	14.8	15.1	15.4	15.7	16.0
2045-2050	13.9	14.2	14.5	14.8	15.1	15.4	15.7	16.0	16.3	16.6
2050-2055	14.5	14.8	15.1	15.4	15.7	16.0	16.3	16.6	16.9	17.2
2055-2060	15.1	15.4	15.7	16.0	16.3	16.6	16.9	17.2	17.5	17.8
2060-2065	15.7	16.0	16.3	16.6	16.9	17.2	17.5	17.8	18.1	18.4
2065-2070	16.3	16.6	16.9	17.2	17.5	17.8	18.1	18.4	18.7	19.0
2070-2075	16.9	17.2	17.5	17.8	18.1	18.4	18.7	19.0	19.3	19.6
2075-2080	17.5	17.8	18.1	18.4	18.7	19.0	19.3	19.6	19.9	20.2
2080-2085	18.1	18.4	18.7	19.0	19.3	19.6	19.9	20.2	20.5	20.8
2085-2090	18.7	19.0	19.3	19.6	19.9	20.2	20.5	20.8	21.1	21.4
2090-2095	19.3	19.6	19.9	20.2	20.5	20.8	21.1	21.4	21.7	22.0
2095-2100	19.9	20.2	20.5	20.8	21.1	21.4	21.7	22.0	22.3	22.6

Age (yr)	Sex	Height (m)		AT (min)			AT (min)	T _{lim} (min)		T _{lim} (min)		P _{lim} (mmHg)
		1000	2000	1000	2000	3000		1000	2000	3000		
10	M	1.35	25.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
11	F	1.38	26.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
12	M	1.40	27.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
13	F	1.42	28.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
14	M	1.45	29.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
15	F	1.48	30.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
16	M	1.50	31.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
17	F	1.52	32.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
18	M	1.55	33.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
19	F	1.58	34.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
20	M	1.60	35.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
21	F	1.62	36.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
22	M	1.65	37.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
23	F	1.68	38.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
24	M	1.70	39.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
25	F	1.72	40.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
26	M	1.75	41.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
27	F	1.78	42.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
28	M	1.80	43.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
29	F	1.82	44.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
30	M	1.85	45.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
31	F	1.88	46.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
32	M	1.90	47.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
33	F	1.92	48.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
34	M	1.95	49.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
35	F	1.98	50.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
36	M	2.00	51.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	
37	F	2.02	52.5	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	10:15	

[illegible]

BH-2



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140.

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

CLIENT : ORBC-WIKA-PP, JO

BORE POINT : BH-2

PROJECT : TOLL ROAD DEVELOPMENT OF BOLO-KERTO BONO PF

BORE MASTER : HARNO C8

LOCATION : OVERPASS MUNGKUNG (STA 160+330.814)

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	w	Sr	Ws	n	st	sd	sest	Pe	Cc	Cv
-3.00	2.654	1.929	100.00	81.38	81.96	16.291	10.099	16.291	-	-	-
-6.00	2.668	1.924	100.00	88.66	80.38	16.301	10.293	16.301	-	-	-
-9.00	2.613	1.437	100.00	84.96	58.97	16.619	10.722	16.619	-	-	-
-12.00	2.704	1.054	100.00	60.09	52.20	16.177	13.875	16.177	-	-	-
-15.00	2.624	1.328	100.00	90.61	57.04	16.676	11.271	16.676	-	-	-
-18.00	2.634	0.837	100.00	33.03	45.56	16.351	13.794	16.351	-	-	-
-21.00	2.591	0.794	100.00	30.63	44.30	16.671	14.446	16.671	-	-	-
-24.00	2.618	1.205	100.00	46.03	54.69	17.838	11.879	17.838	-	-	-
-27.00	2.679	0.929	100.00	34.66	48.13	16.693	13.690	16.693	-	-	-
-30.00	2.592	0.916	100.00	35.36	47.61	16.293	13.513	16.293	-	-	-
-33.00	2.724	0.863	100.00	32.79	47.10	16.112	14.391	16.112	-	-	-
-36.00	2.547	0.683	100.00	26.82	40.58	16.192	15.134	16.192	-	-	-

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBURG LIMITS			DIRECT TEST		TRIAxIAL CU		TRIAxIAL CD		PERMEABILITY	
	G	S	S+Cl	LL	PL	P	C	ϕ	C_u	ϕ_u	C_d	ϕ_d	k (cm/sec)	
-3.00	0.00	9.77	80.73	63.47	30.15	33.32	-	-	23.46	-	-	-	-	-
-6.00	0.00	11.52	88.48	85.16	29.35	55.81	-	-	34.48	-	-	-	-	-
-9.00	0.00	26.19	73.81	48.75	30.46	16.29	-	-	55.37	-	-	-	-	-
-12.00	0.00	32.21	67.79	62.41	29.77	22.64	-	-	69.40	-	-	-	-	-
-15.00	0.00	18.46	81.54	49.35	31.45	17.90	-	-	63.14	-	-	-	-	-
-18.00	0.00	27.29	72.71	NP	NP	NP	G	37	-	-	-	-	-	-
-21.00	0.00	89.28	10.72	NP	NP	NP	G	38	-	-	-	-	-	-
-24.00	0.00	16.16	83.84	66.21	29.35	30.95	-	-	74.13	-	-	-	-	-
-27.00	0.00	27.31	72.69	49.69	30.47	19.22	-	-	69.01	-	-	-	-	-
-30.00	0.00	20.11	79.89	66.82	27.64	26.18	-	-	146.02	-	-	-	-	-
-33.00	0.00	37.16	62.84	NP	NP	NP	G	37	-	-	-	-	-	-
-36.00	27.45	50.39	22.17	NP	NP	NP	G	39	-	-	-	-	-	-

HEMARR	G = Gravel (%)	LL = Liquid Limit (%)	C = Cohesion direct shear (kPa)
	S = Sand (%)	PL = Plastic Limit (%)	C_u = Drained cohesion triaxial test (kPa)
	M+Cl = Silt + Clay (%)	P = Plastic Index (%)	C_u = Undrained cohesion triaxial test (kPa)
	e = Void ratio	Cc = Compression Index	ϕ = Angle of internal friction direct shear test (degree)
	Gs = Specific Gravity	Cv = Coefficient of Consolidation (cm ² /sec)	ϕ_d = Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	n = Porosity (%)	Pp = Coefficient of Consolidation (kPa)	ϕ_u = Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	Sr = Degree of saturation (%)	*	
	W _L = Water content (%)	k = Coefficient of permeability (cm/sec)	
	w _p = Moisture density (kN/m ³)		
	w _{sat} = Saturated density (kN/m ³)		
	γ_d = Dry density (kN/m ³)		

LAMPIRAN 2

BROSUR-BROSUR BAHAN MATERIAL YANG DIPAKAI

Spesifikasi PVD

CeTeau-Drain CT-D812

Drain Body
Extruded profile of 100% polypropylene with the following important properties:

- environmental safe;
- large water flow capacity;
- flexible;
- high tensile strength and toughness;
- easy to fabricate connecting acids, alkalis and salt;
- resistant and easy to handle at low temperatures;
- no wet shrinkage or growth.

Filter Jacket
Nonwoven fabric of 100% polyester without any binders, with the following important properties:

- balanced strength in both directions;
- high tensile strength and toughness;
- no wet shrinkage or growth;
- good resistance to rot, mould and insects;
- high water permeability;
- inert to natural occurring acids, alkalis and salt;
- excellent filtration characteristics;
- heat, sound and puncture resistant;
- environmental safe.

Physical properties		Unit	CT-D812
Drain Body	Configuration	mm	300
	Material	mm	300
Filter Jacket	Material	mm	300
Assembled Drain	Weight	g/m ²	100
	Width	mm	300
	Thickness	mm	3

Mechanical properties		Symbol	Test	Unit	CT-D812
Filter Jacket					
Static Tensile Strength	F	ASTM D4665	M	400	
Elongation	%	ASTM D4632	%	33	
Tear Strength	N	ASTM D4633	N	120	
Punch Size	mm	ASTM D4651	mm	4.75	
Permeability	s	ASTM D4681	mm	< 1.0 x 10 ⁻³	
Assembled Drain					
Tensile Strength	F	ASTM D4665	kN	2.50	
Elongation at break	%	ASTM D4665	%	40	
Strength at 10% elongation	F	ASTM D4665	kN	2.2	
Elongation at 1 M tensile strength	%	ASTM D4665	%	1.0	
Discharge capacity at 100 kPa	l/s	ASTM D4718	l/s	182 x 10 ³	
Discharge capacity at 150 kPa	l/s	ASTM D4718	l/s	159 x 10 ³	
Discharge capacity at 200 kPa	l/s	ASTM D4718	l/s	137 x 10 ³	
Discharge capacity at 250 kPa	l/s	ASTM D4718	l/s	115 x 10 ³	
Discharge capacity at 300 kPa	l/s	ASTM D4718	l/s	93 x 10 ³	

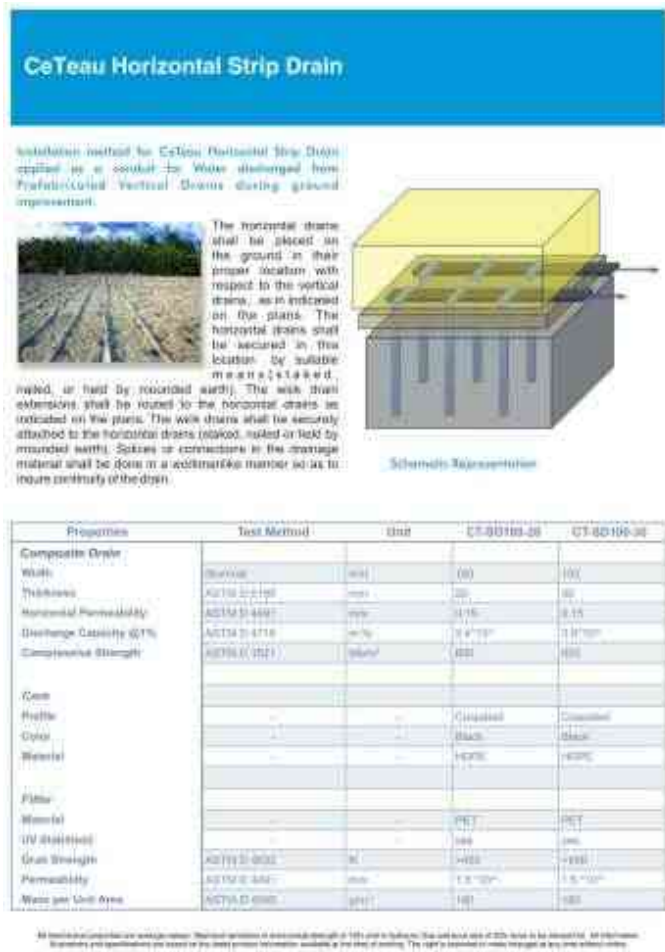
Transport details		Unit	CT-D812
Roll length	m	100	
Outside diameter roll	m	1.10	
Inside diameter roll	m	0.75	
Weight roll	kg	20	
Roll container	m	130.000	

20. Information, trademarks and drawings are based on the data provided by the manufacturer. The data is for reference only. The data is not intended to be used as a basis for design or construction. The data is not intended to be used as a basis for design or construction. The data is not intended to be used as a basis for design or construction.

Agent & Distributor in Indonesia Area:
PT. TEKINDO GEOSISTEM UNGGUL
 Jl. Raya Cikarang Raya No. 50 Bandung 40132
 Telp. 021-6177222 Fax. 021-6177222
 Email: info@tekindo.co.id Website: www.tekindo.co.id

Gambar 1. Spesifikasi PVD CeTau-Drain CT-D812 PT. Teknindo Geosistem Unggul

Spesifikasi PHD



Gambar 2. Spesifikasi PHD CeTau-Drain PT. Teknindo Geosistem Unggul

Spesifikasi *Geotextile*

<div>  </div>					
POLYPROPYLENE WOVEN GEOTEXTILES					
TECHNICAL SPESIFICATIONS					
PROPERTIES	UNIT	TEST METHOD	UW - 150	UW - 200	UW - 250
Physical Properties					
Mass	g/m ²	ASTM D 5261-03	150	200	250
Thickness	mm	ASTM D 5155-01	0.5	0.6	0.7
Colour	-	-	Black	Black	Black
Mechanical Properties					
Strip Tensile Strength (Wale/Wale)	N/50mm	ASTM D 4595-04	37/05	42/08	52/12
Elongation at Max. Load (Wale/Wale)	%	ASTM D 4595-04	19/10	20/20	20/20
Crack Tensile Strength (Wale/Wale)	N	ASTM D 4832-01	1270/1200	1800/1800	1750/1750
Elongation at Max. Load (Wale/Wale)	%	ASTM D 4832-01	14/13	22/22	22/22
Trapezoidal Tear Strength (Wale/Wale)	N	ASTM D 4533-01	615/615	700/700	880/880
Hydraulic Properties					
Pore Size D ₉₅	µm	ASTM D 4751-03	320	375	250
Water Permeability	cm/sec	100 mm water head	28	16	7.5
Environmental Properties					
Effect of soil Acidity	-	-	nil	nil	nil
Effect of soil Alkalinity	-	-	nil	nil	nil
Effect of Bacteria	-	-	nil	nil	nil
Effect of U.V. Light	-	-	Stabilized	Stabilized	Stabilized
Packaging					
Roll Length	m	-	150 - 200	150 - 200	150 - 200
Roll Width	m	-	3 - 4	3 - 4	3 - 4
Roll Area	m ²	-	640 - 700	640 - 700	640 - 700
Roll Diameter (Approx)	m	-	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5
Roll Weight (Approx)	kg	-	96 - 114	128 - 132	160 - 198

All information, illustration and specifications are based on the present product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice.

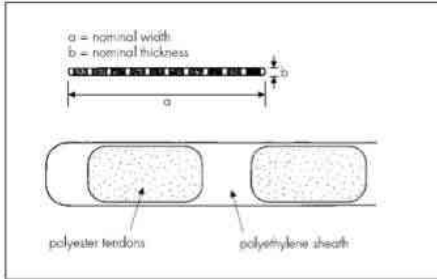
Distributed by :

PT. TEKINDO GEOSISTEM UNGGUL
 Jl. Raya Sekeloa Raya 1, Pk. J. Sekeloa Raya 10, Surabaya 60263
 Tel: 031-6470302 Fax: 031-6470303
 Email: info@geosistem.co.id
 Website: www.geosistem.co.id






Gambar 3. Spesifikasi *Geotextile* PT. Teknindo Geosistem Unggul

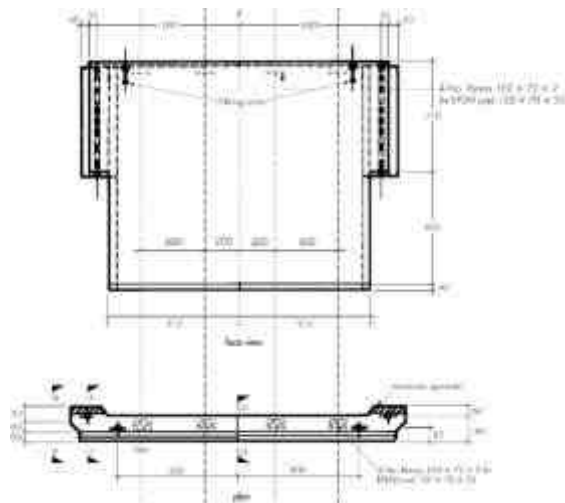
Spesifikasi *Freyssisol*Table 1 *Paraweb-2S straps — dimensions*


a = nominal width
b = nominal thickness

polyester tendons

polyethylene sheath

Grade	Coil length (m)	Weight (± 0.2) (kg)	Nominal width (a) (mm)	Nominal thickness (b) (mm)
30	100	14.7	85	2.2
50	100	22.7	90	3.5
100	100	36.5	90	6.0

**Gambar 4.** Spesifikasi *Freyssisol* (BBA Freyssinet International & cie)

Spesifikasi *PCI Girder*



Gambar 5. Spesifikasi *PCI Girder* PT. WIKABETON

Spesifikasi Tiang Pancang

Specification of Material			
Item	Reference	Description	Specification
Aggregate	ASTM C227 - 1998 BS 2 P28 - 1973	Standard Specification for Clean and Graded Aggregate Intermediate Concrete Code	
Cement	BS 11 2004 - 2004	Portland Cement	Standard product type 1 Special index - See G 10 8
Admixture	ASTM C494 - 1995	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F - water reducing admixture
Concrete	BS 81 2007 - 2007	Intermediate Concrete Code	Compressive Strength at: 28 days - 40 N/mm ² (factor)
PC Wire	BS 5 2036 - 1996	Standard Specification for Steel Wire and Strand for Prestressed Concrete	BS 5833
PC Bar	BS 5 3331 - 1994	Steel Bar Reinforced Panel Bars for Prestressed Concrete	BS 5833 - 1275-1400
Splicing and Plate	BS 5 2034 - 2000 BS 5 3331 - 1994	Steel Cable Welding Steel Plate for Concrete Structure	Welding Cable BS 5833
Welding	BS 5 2034 - 2000	Structure Welding (Steel Steel)	ANSI A 5.1 / E 902 BS 5833 - 1275-1400 BS 5833 - 1275-1400 or equivalent

Classification								
Outside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Class	Concrete Grade Section (mm)	Unit Weight (kg/m)	Length (m)	Bending Crack (mm)	Minimum Ultimate (mm)	Allowable Axial Load (Tons)
300	40	A1 A2 B C	40	110	6 - 12	1.10 1.15 1.20 1.25	1.10 1.15 1.20 1.25	22.00 22.50 23.00 23.50
250	30	A1 A2 B C	30	95	6 - 12	1.10 1.15 1.20 1.25	1.10 1.15 1.20 1.25	18.00 18.50 19.00 19.50
400	50	A1 A2 B C	50	150	6 - 12	1.10 1.15 1.20 1.25	1.10 1.15 1.20 1.25	22.00 22.50 23.00 23.50
450	60	A1 A2 A3 B C	60	170	6 - 12	1.10 1.15 1.20 1.25	1.10 1.15 1.20 1.25	22.00 22.50 23.00 23.50
500	70	A1 A2 A3 B C	70	190	6 - 12	1.10 1.15 1.20 1.25	1.10 1.15 1.20 1.25	22.00 22.50 23.00 23.50
550	80	A1 A2 A3 B C	80	210	6 - 12	1.10 1.15 1.20 1.25	1.10 1.15 1.20 1.25	22.00 22.50 23.00 23.50
600	90	A1 A2 A3 B C	90	230	6 - 12	1.10 1.15 1.20 1.25	1.10 1.15 1.20 1.25	22.00 22.50 23.00 23.50
650	100	A1 A2 A3 B C	100	250	6 - 12	1.10 1.15 1.20 1.25	1.10 1.15 1.20 1.25	22.00 22.50 23.00 23.50

Gambar 6. Spesifikasi Tiang Pancang (*Spun Piles*) WKA

Harga Material PVD, PHD, *Geotextile*

A. Harga Material					
No	Jenis Barang	Nomor seri di brosur	Kebutuhan	Satuan	Harga satuan
1	Geotekstile non-woven	UNW-150	1	m ²	Rp 10.000,00
		UNW-200	1	m ²	Rp 11.000,00
		UNW-250	1	m ²	Rp 12.500,00
		UNW-300	1	m ²	Rp 13.500,00
		UNW-350	1	m ²	Rp 16.500,00
		UNW-400	1	m ²	Rp 17.500,00
		UNW-450	1	m ²	Rp 21.500,00
		UNW-500	1	m ²	Rp 23.500,00
		UNW-600	1	m ²	Rp 26.500,00
	UNW-700	1	m ²	Rp 33.000,00	
2	Geotekstile woven	UW-150	1	m ²	Rp 11.000,00
		UW-200	1	m ²	Rp 12.500,00
		UW-250	1	m ²	Rp 17.000,00
3	PVD	CT-D812	1	m'	Rp 3.500,00
4	PHD	CT-SD100-20	1	m'	Rp 117.000,00
		CT-SD100-30	1	m'	-
5	Geomembrane	Thickness 0.75 mm	1	m ²	Rp 35.000,00
		Thickness 1.0 mm	1	m ²	Rp 45.000,00
		Thickness 1.5 mm	1	m ²	Rp 67.500,00
		Thickness 2.0 mm	1	m ²	Rp 87.500,00
		Thickness 2.5 mm	1	m ²	Rp 110.000,00
		Thickness 3.0 mm	1	m ²	Rp 130.000,00
6	Inclinometer (read out + Standart Tablet + Software)		1	Unit	Rp 132.000.000,00
7	Inclinometer (pipe) L = 24 m *		1	Titik	Rp 42.000.000,00
8	Pneumatik Piezometer (material) 3 Tip (20 m, 15 m, 10m) *		1	Titik	Rp 45.500.000,00
9	Pneumatik Piezometer (read out)		1	Unit	Rp 145.000.000,00
10	Settlement Plate (50 cm x 50 cm x 0.6 cm) Lmax 7.5 m *		1	Titik	Rp 2.500.000,00
11	Waterpass (Auto Level)		1	Unit	Rp 8.000.000,00

Gambar 7. Harga PVD CeTau-Drain CT-D812, PHD CT-SD100-20, dan *Geotextile* UW-250 (PT. Teknindo Geosistem Unggul)

Harga Dinding Penutup (*facing*) *Geotextile Walls*

WALL

BERANDA PROFIL PRODUK GALERI KARIR

SPESIFIKASI PRODUK

Wallplus



Wallplus didesain dengan bentuk yang presisi dan mempunyai dua sisi yang berbeda (sisi ke dalam dan sisi ke luar) sebagai sistem penyambung, panel ringan wallplus telah 90% Finishing. Hal ini agar mempermudah proses instalasinya.

Dimensi & Berat Produk

Adapun spesifikasi wallplus seperti tertera pada tabel di bawah ini:

Produk	P ² (mm)	L (mm)	T (mm)	Berat (kg/m ²)
walplus 50 mm	2440	610	50	42
walplus 75 mm	2440	610	75	53
walplus 90 mm	2440	610	90	64

Adapun contoh bangunan yang sudah menggunakan produk ini bisa dilihat di gambar.

Adapun rincian harga terbaru sebagai berikut :

1. Pembelian 51 - 500 / m² harga Rp. 220000/m²
2. Pembelian 501 - 1000 / m² harga Rp. 198000/m²
3. Pembelian 1001 - 3000 m² harga Rp. 185000/m²
4. Pembelian lebih dari 3000/m² silahkan kontak lebih lanjut

Gambar 9. Harga Dinding Penutup (*facing*) *Geotextile Walls*

LAMPIRAN 3

ANALISA DATA TANAH

BH-1

Tabel 1. Rekap Hasil Pengolahan Data Tanah BH-1

Kedalaman (m)	Nspt	γ_{sat} (kN/m ³)	e_o	Gs	LL (%)	IP (%)	Cu (kPa)	Wc (%)
0-4,5	2,25	16,201	1,527	2,567	62,37	31,73	33,89	59,49
4,5-7,5	9,07	16,632	1,435	2,615	63,47	33,94	46,24	54,88
7,5-10,5	8,38	16,894	1,418	2,667	66,85	38,06	37,25	53,17
10,5-15,5	9,23	17,275	1,263	2,645	57,03	26,73	66,87	47,72

BH-2

Tabel 2. Rekap Hasil Pengolahan Data Tanah BH-2

Kedalaman (m)	Nspt	γ_{sat} (kN/m ³)	e_o	Gs	LL (%)	IP (%)	Cu (kPa)	Wc (%)
0-4,5	2	16.291	1.629	2.654	63,47	33,32	23,46	61,38
4,5-7,5	7	16.331	1.524	2.598	65,16	35,81	34,48	58,66
7,5-10,5	10	16.619	1.437	2.613	48,75	16,29	55,37	54,99

LAMPIRAN 4

KOMBINASI PEMBEBANAN PADA PILAR DAN ABUTMENT

Pilar 1

Tabel 1. Kombinasi 1 Pembebanan pada Pilar 1

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	8074,69				
2	Beban lajur "D"	TD	2193,85				
3	Beban pejalan kaki	TP	187,93				
4	Gaya rem	TB		500,00		5500	
5	Pengaruh Temperatur	ET					
6	Gaya Gesek	FB					
7	Beban angin	EW					
8	Beban gempa	EQ					
Σ			10456,46	500,00	0,00	5500	0,00

Tabel 2. Kombinasi 2 Pembebanan pada Pilar 1

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	8074,69				
2	Beban lajur "D"	TD	2193,85				
3	Beban pejalan kaki	TP	187,93				
4	Gaya rem	TB		500,00		5500	
5	Pengaruh Temperatur	ET		14,63		131,92	
6	Gaya Gesek	FB		39,53		356,60	
7	Beban angin	EW					
8	Beban gempa	EQ					
Σ			10456,46	554,16	0,00	5988,52	0,00

Tabel 3. Kombinasi 3 Pembebanan pada Pilar 1

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	8074,69				
2	Beban lajur "D"	TD	2193,85				
3	Beban pejalan kaki	TP	187,93				
4	Gaya rem	TB		500,00		5500	
5	Pengaruh Temperatur	ET					
6	Gaya Gesek	FB		39,53		356,60	
7	Beban angin	EW	38,51	29,77	108,75	164,05	975,12
8	Beban gempa	EQ					
Σ			10494,97	569,31	108,75	6020,65	975,12

Tabel 4. Kombinasi 4 Pembebanan pada Pilar 1

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	8074,69				
2	Beban lajur "D"	TD	2193,85				
3	Beban pejalan kaki	TP	187,93				
4	Gaya rem	TB		500,00		5500	
5	Pengaruh Temperatur	ET		14,63		131,92	
6	Gaya Gesek	FB		39,53		356,60	
7	Beban angin	EW	38,51	29,77	108,75	164,05	975,12
8	Beban gempa	EQ					
Σ			10494,97	583,93	108,75	6152,57	975,12

Tabel 5. Kombinasi 5 Pembebanan pada Pilar 1

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	8074,69				
2	Beban lajur "D"	TD					
3	Beban pejalan kaki	TP					
4	Gaya rem	TB					
5	Pengaruh Temperatur	ET					

6	Gaya Gesek	FB					
7	Beban angin	EW					
8	Beban gempa	EQ		1483,72	1483,72	9376,81	9376,81
Σ			8074,69	1483,72	1483,72	9376,81	9376,81

Tabel 6. Kombinasi 6 Pembebanan pada Pilar 1

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	8074,69				
2	Beban lajur "D"	TD					
3	Beban pejalan kaki	TP					
4	Gaya rem	TB					
5	Pengaruh Temperatur	ET					
6	Gaya Gesek	FB					
7	Beban angin	EW					
8	Beban gempa	EQ					
Σ			8074,69	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 7. Kombinasi 7 Pembebanan pada Pilar 1

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	8074,69				
2	Beban lajur "D"	TD	2193,85				
3	Beban pejalan kaki	TP	187,93				
4	Gaya rem	TB		500,00		5500	
5	Pengaruh Temperatur	ET					
6	Gaya Gesek	FB		39,53		356,60	
7	Beban angin	EW					
8	Beban gempa	EQ					
Σ			10456,46	539,53	0,00	5856,60	0,00

Pilar 2

Tabel 8. Kombinasi 1 Pembebanan pada Pilar 2

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	6469,89				
2	Beban lajur "D"	TD	1900,23				
3	Beban pejalan kaki	TP	168,17				
4	Gaya rem	TB		500,00		5500,00	
5	Pengaruh Temperatur	ET					
6	Gaya Gesek	FB					
7	Beban angin	EW					
8	Beban gempa	EQ					
Σ			8538,29	500,00	0,00	5500,00	0,00

Tabel 9. Kombinasi 2 Pembebanan pada Pilar 2

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	6469,89				
2	Beban lajur "D"	TD	1900,23				
3	Beban pejalan kaki	TP	168,17				
4	Gaya rem	TB		500,00		5500,00	
5	Pengaruh Temperatur	ET		12,09		109,09	
6	Gaya Gesek	FB		30,60		276,04	
7	Beban angin	EW					
8	Beban gempa	EQ					
Σ			8538,29	542,70	0,00	5885,13	0,00

Tabel 10. Kombinasi 3 Pembebanan pada Pilar 2

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	6469,89				
2	Beban lajur "D"	TD	1900,23				
3	Beban pejalan kaki	TP	168,17				

4	Gaya rem	TB		500,00		5500,00	
5	Pengaruh Temperatur	ET					
6	Gaya Gesek	FB		30,60		276,04	
7	Beban angin	EW	31,84	26,80	92,10	147,64	818,34
8	Beban gempa	EQ					
Σ			8570,14	557,40	92,10	5923,69	818,34

Tabel 11. Kombinasi 4 Pembebanan pada Pilar 2

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	6469,89				
2	Beban lajur "D"	TD	1900,23				
3	Beban pejalan kaki	TP	168,17				
4	Gaya rem	TB		500,00		5500,00	
5	Pengaruh Temperatur	ET		12,09		109,09	
6	Gaya Gesek	FB		30,60		276,04	
7	Beban angin	EW	31,84	26,80	92,10	147,64	818,34
8	Beban gempa	EQ					
Σ			8570,14	569,49	92,10	6032,77	818,34

Tabel 12. Kombinasi 5 Pembebanan pada Pilar 2

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	6469,89				
2	Beban lajur "D"	TD					
3	Beban pejalan kaki	TP					
4	Gaya rem	TB					
5	Pengaruh Temperatur	ET					
6	Gaya Gesek	FB					
7	Beban angin	EW					
8	Beban gempa	EQ		1188,84	1188,84	7524,12	7524,12
Σ			6469,89	1188,84	1188,84	7524,12	7524,12

Tabel 13. Kombinasi 6 Pembebanan pada Pilar 2

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	6469,89				
2	Beban lajur "D"	TD					
3	Beban pejalan kaki	TP					
4	Gaya rem	TB					
5	Pengaruh Temperatur	ET					
6	Gaya Gesek	FB					
7	Beban angin	EW					
8	Beban gempa	EQ					
Σ			6469,89	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 14. Kombinasi 7 Pembebanan pada Pilar 2

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	6469,89				
2	Beban lajur "D"	TD	1900,23				
3	Beban pejalan kaki	TP	168,17				
4	Gaya rem	TB		500,00		5500,00	
5	Pengaruh Temperatur	ET					
6	Gaya Gesek	FB		30,60		276,04	
7	Beban angin	EW					
8	Beban gempa	EQ					
Σ			8538,29	530,60	0,00	5776,04	0,00

Abutment

Tabel 15. Kombinasi 1 Pembebanan pada Abutment

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	8861,9121	0	0	-7390,6881	0
2	Beban Lajur D	TD	803,3	0	0	-80,33	0

3	Beban Pedestrian	TP	81,073	0	0	-8,1073	0
4	Gaya Rem	TB	0	250	0	2250	0
5	Temperature	ET					
6	Beban Angin	EW					
7	Beban Gempa	EQ					
8	Gesekan	FB					
Σ			9746,2851	250	0	-5229,1254	0

Tabel 16. Kombinasi 2 Pembebanan pada Abutment

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	8861,9121	0	0	-7390,6881	0
2	Beban Lajur D	TD	803,3	0	0	-80,33	0
3	Beban Pedestrian	TP	81,073	0	0	-8,1073	0
4	Gaya Rem	TB	0	250	0	2250	0
5	Temperature	ET	0	9,5625	0	68,85	0
6	Beban Angin	EW					
7	Beban Gempa	EQ					
8	Gesekan	FB	0	206,5578	0	1280,65838	0
Σ			9746,2851	466,1203	0	-3879,617	0

Tabel 17. Kombinasi 3 Pembebanan pada Abutment

No	Beban	kode	P (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	MS	8861,9121	0	0	-7390,6881	0
2	Beban Lajur D	TD	803,3	0	0	-80,33	0
3	Beban Pedestrian	TP	81,073	0	0	-8,1073	0
4	Gaya Rem	TB	0	250	0	2250	0
5	Temperature	ET					
6	Beban Angin	EW	12,589714	0	25,35975	-1,2589714	206,57869
7	Beban Gempa	EQ					
8	Gesekan	FB	0	206,5578	0	1280,65838	0

Σ	9758,8748	456,5578	25,35975	-3949,726	206,57869
----------	-----------	----------	----------	-----------	-----------

Tabel 18. Kombinasi 4 Pembebanan pada Abutment

No	Beban	kode	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	Berat sendiri	MS	8861,9121	0	0	-7390,6881	0
2	Beban Lajur D	TD	803,3	0	0	-80,33	0
3	Beban Pedestrian	TP	81,073	0	0	-8,1073	0
4	Gaya Rem	TB	0	250	0	2250	0
5	Temperature	ET	0	9,5625	0	68,85	0
6	Beban Angin	EW	12,589714	0	25,35975	-1,2589714	206,57869
7	Beban Gempa	EQ					
8	Gesekan	FB	0	206,5578	0	1280,65838	0
Σ			9758,8748	466,1203	25,35975	-3880,876	206,57869

Tabel 19. Kombinasi 5 Pembebanan pada Abutment

No	Beban	kode	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	Berat sendiri	MS	8861,9121	0	0	-7390,6881	0
2	Beban Lajur D	TD					
3	Beban Pedestrian	TP					
4	Gaya Rem	TB					
5	Temperature	ET					
6	Beban Angin	EW					
7	Beban Gempa	EQ	0	1628,3763	1628,37635	6597,14892	6597,1489
8	Gesekan	FB					
Σ			8861,9121	1628,3763	1628,37635	-793,53916	6597,1489

Tabel 20. Kombinasi 6 Pembebanan pada Abutment

No	Beban	kode	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	Berat sendiri	MS	8861,9121	0	0	-7390,6881	0
2	Beban Lajur D	TD					
3	Beban Pedestrian	TP					

4	Gaya Rem	TB					
5	Temperature	ET					
6	Beban Angin	EW					
7	Beban Gempa	EQ					
8	Gesekan	FB					
Σ			8861,9121	0	0	-7390,6881	0

Tabel 21. Kombinasi 7 Pembebanan pada Abutment

No	Beban	kode	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	Berat sendiri	MS	8861,9121	0	0	-7390,6881	0
2	Beban Lajur D	TD	803,30	0,00	0,00	-80,33	0,00
3	Beban Pedestrian	TP	81,07	0,00	0,00	-8,11	0,00
4	Gaya Rem	TB	0,00	250,00	0,00	2250,00	0,00
5	Temperature	ET					
6	Beban Angin	EW					
7	Beban Gempa	EQ					
8	Gesekan	FB	0	206,5578	0	1280,65838	0
Σ			9746,2851	456,5578	0	-3948,467	0

LAMPIRAN 5

PERHITUNGAN BESAR PEMAMPATAN (S_c) DAN TINGGI TIMBUNAN AWAL (H_{inisial})

Hdr = 15,5 m

Tabel 1. Data Perencanaan untuk $q = 14,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	7,96	m
q	14,32	t/m^2
γ timbunan	1,8	t/m^3
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 2. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 14,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	7,96	m								
Q	14,32	t/m ²								
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	q ₀ (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$2\Delta\sigma'$ (t/m ²)	
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	14,32	3,580	7,160	
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	14,32	3,508	7,017	
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	14,32	3,437	6,874	
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	14,32	3,222	6,444	
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	14,32	2,936	5,871	
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	14,32	2,721	5,442	
6-7	6,5	5,50	∞	0,85	∞	0,17	14,32	2,434	4,869	
7-8	7,5	5,50	∞	0,73	∞	0,16	14,32	2,291	4,582	
8-9	8,5	5,50	∞	0,65	∞	0,15	14,32	2,076	4,153	
9-10	9,5	5,50	∞	0,58	∞	0,13	14,32	1,862	3,723	
10-11	10,5	5,50	∞	0,52	∞	0,12	14,32	1,718	3,437	
11-12	11,5	5,50	∞	0,48	∞	0,11	14,32	1,575	3,150	
12-13	12,5	5,50	∞	0,44	∞	0,11	14,32	1,504	3,007	
13-14	13,5	5,50	∞	0,41	∞	0,10	14,32	1,360	2,721	
14-15	14,5	5,50	∞	0,38	∞	0,09	14,32	1,317	2,635	
15-16	15,5	5,50	∞	0,35	∞	0,09	14,32	1,289	2,578	

Tabel 3. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 14,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	7,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	σ_o' (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$\sigma_o'+\Delta\sigma'$ (t/m2)	P fluktuasi	σ_c' (t/m2)	OCR		Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	7,160	7,470	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,167
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	7,017	7,947	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,130
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	6,874	8,424	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,108
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	6,444	8,614	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,090
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	5,871	8,662	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,074
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	5,442	8,874	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,061
6-7	1	0,519	0,104	1,435	4,095	4,869	8,964	1,5	5,595	1,366	OC	RUMUS 2	0,049
7-8	1	0,519	0,104	1,435	4,759	4,582	9,341	1,5	6,259	1,315	OC	RUMUS 2	0,042
8-9	1	0,532	0,106	1,418	5,435	4,153	9,588	1,5	6,935	1,276	OC	RUMUS 2	0,036
9-10	1	0,532	0,106	1,418	6,124	3,723	9,847	1,5	7,624	1,245	OC	RUMUS 2	0,029
10-11	1	0,532	0,106	1,418	6,814	3,437	10,250	1,5	8,314	1,220	OC	RUMUS 2	0,024
11-12	1	0,419	0,084	1,263	8,249	3,150	11,400	1,5	9,749	1,182	OC	RUMUS 2	0,015
12-13	1	0,419	0,084	1,263	8,977	3,007	11,984	1,5	10,477	1,167	OC	RUMUS 2	0,013
13-14	1	0,419	0,084	1,263	9,704	2,721	12,425	1,5	11,204	1,155	OC	RUMUS 2	0,011
14-15	1	0,419	0,084	1,263	10,432	2,635	13,067	1,5	11,932	1,144	OC	RUMUS 2	0,009
15-16	1	0,419	0,084	1,263	11,159	2,578	13,737	1,5	12,659	1,134	OC	RUMUS 2	0,009

Tabel 4. Data Perencanaan untuk $q = 17,92 \text{ t/m}^2$

H timbunan	9,96	m
q	17,92	t/m ²
Y timbunan	1,8	t/m ³
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 5. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 17,92 \text{ t/m}^2$

H timbunan	9,96	m							
Q	17,92	t/m ²							
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	q ₀ (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$2\Delta\sigma'$ (t/m ²)
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	17,92	4,480	8,960
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	17,92	4,390	8,781
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	17,92	4,301	8,602
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	17,92	4,032	8,064
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	17,92	3,674	7,347
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	17,92	3,405	6,810
6-7	6,5	5,50	∞	0,85	∞	0,17	17,92	3,046	6,093
7-8	7,5	5,50	∞	0,73	∞	0,16	17,92	2,867	5,734
8-9	8,5	5,50	∞	0,65	∞	0,15	17,92	2,598	5,197
9-10	9,5	5,50	∞	0,58	∞	0,13	17,92	2,330	4,659
10-11	10,5	5,50	∞	0,52	∞	0,12	17,92	2,150	4,301
11-12	11,5	5,50	∞	0,48	∞	0,11	17,92	1,971	3,942
12-13	12,5	5,50	∞	0,44	∞	0,11	17,92	1,882	3,763
13-14	13,5	5,50	∞	0,41	∞	0,10	17,92	1,702	3,405
14-15	14,5	5,50	∞	0,38	∞	0,09	17,92	1,649	3,297
15-16	15,5	5,50	∞	0,35	∞	0,09	17,92	1,613	3,226

Tabel 6. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 17,92 \text{ t/m}^2$

H timbunan	9,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma'$ (t/m ²)	P fluktuasi	σ'_c (t/m ²)	OCR		Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	8,960	9,270	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,187
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	8,781	9,711	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,148
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	8,602	10,152	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,126
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	8,064	10,234	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,106
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	7,347	10,138	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,089
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	6,810	10,242	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,074
6-7	1	0,519	0,104	1,435	4,095	6,093	10,188	1,5	5,595	1,366	OC	RUMUS 2	0,061
7-8	1	0,519	0,104	1,435	4,759	5,734	10,493	1,5	6,259	1,315	OC	RUMUS 2	0,053
8-9	1	0,532	0,106	1,418	5,435	5,197	10,632	1,5	6,935	1,276	OC	RUMUS 2	0,046
9-10	1	0,532	0,106	1,418	6,124	4,659	10,783	1,5	7,624	1,245	OC	RUMUS 2	0,037
10-11	1	0,532	0,106	1,418	6,814	4,301	11,114	1,5	8,314	1,220	OC	RUMUS 2	0,032
11-12	1	0,419	0,084	1,263	8,249	3,942	12,192	1,5	9,749	1,182	OC	RUMUS 2	0,021
12-13	1	0,419	0,084	1,263	8,977	3,763	12,740	1,5	10,477	1,167	OC	RUMUS 2	0,018
13-14	1	0,419	0,084	1,263	9,704	3,405	13,109	1,5	11,204	1,155	OC	RUMUS 2	0,015
14-15	1	0,419	0,084	1,263	10,432	3,297	13,729	1,5	11,932	1,144	OC	RUMUS 2	0,013
15-16	1	0,419	0,084	1,263	11,159	3,226	14,385	1,5	12,659	1,134	OC	RUMUS 2	0,012

Tabel 7. Data Perencanaan untuk $q = 21,52 \text{ t/m}^2$

H timbunan	11,96	m
q	21,52	t/m^2
Y timbunan	1,8	t/m^3
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 8. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 21,52 \text{ t/m}^2$

H timbunan	11,96	m							
Q	21,52	t/m^2							
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	q0 (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$2\Delta\sigma'$ (t/m2)
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	21,52	5,380	10,760
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	21,52	5,272	10,545
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	21,52	5,165	10,330
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	21,52	4,842	9,684
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	21,52	4,412	8,823
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	21,52	4,089	8,178
6-7	6,5	5,50	∞	0,85	∞	0,17	21,52	3,658	7,317
7-8	7,5	5,50	∞	0,73	∞	0,16	21,52	3,443	6,886
8-9	8,5	5,50	∞	0,65	∞	0,15	21,52	3,120	6,241
9-10	9,5	5,50	∞	0,58	∞	0,13	21,52	2,798	5,595
10-11	10,5	5,50	∞	0,52	∞	0,12	21,52	2,582	5,165
11-12	11,5	5,50	∞	0,48	∞	0,11	21,52	2,367	4,734
12-13	12,5	5,50	∞	0,44	∞	0,11	21,52	2,260	4,519
13-14	13,5	5,50	∞	0,41	∞	0,10	21,52	2,044	4,089
14-15	14,5	5,50	∞	0,38	∞	0,09	21,52	1,980	3,960
15-16	15,5	5,50	∞	0,35	∞	0,09	21,52	1,937	3,874

Tabel 9. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 21,52 \text{ t/m}^2$

H timbunan	11,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$\sigma'_o + \Delta\sigma'$ (t/m2)	P fluktuasi	σ'_e (t/m2)	OCR		Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	10,760	11,070	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,204
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	10,545	11,475	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,164
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	10,330	11,880	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,141
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	9,684	11,854	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,120
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	8,823	11,614	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,102
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	8,178	11,610	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,086
6-7	1	0,519	0,104	1,435	4,095	7,317	11,412	1,5	5,595	1,366	OC	RUMUS 2	0,072
7-8	1	0,519	0,104	1,435	4,759	6,886	11,645	1,5	6,259	1,315	OC	RUMUS 2	0,062
8-9	1	0,532	0,106	1,418	5,435	6,241	11,676	1,5	6,935	1,276	OC	RUMUS 2	0,054
9-10	1	0,532	0,106	1,418	6,124	5,595	11,719	1,5	7,624	1,245	OC	RUMUS 2	0,045
10-11	1	0,532	0,106	1,418	6,814	5,165	11,978	1,5	8,314	1,220	OC	RUMUS 2	0,039
11-12	1	0,419	0,084	1,263	8,249	4,734	12,984	1,5	9,749	1,182	OC	RUMUS 2	0,026
12-13	1	0,419	0,084	1,263	8,977	4,519	13,496	1,5	10,477	1,167	OC	RUMUS 2	0,023
13-14	1	0,419	0,084	1,263	9,704	4,089	13,793	1,5	11,204	1,155	OC	RUMUS 2	0,019
14-15	1	0,419	0,084	1,263	10,432	3,960	14,392	1,5	11,932	1,144	OC	RUMUS 2	0,017
15-16	1	0,419	0,084	1,263	11,159	3,874	15,033	1,5	12,659	1,134	OC	RUMUS 2	0,016

Tabel 10. Data Perencanaan untuk $q = 25,12 \text{ t/m}^2$

H timbunan	13,96	m
q	25,12	t/m^2
Y timbunan	1,8	t/m^3
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 11. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 25,12 \text{ t/m}^2$

H timbunan	13,96	m							
Q	25,12	t/m^2							
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	q0 (t/m^2)	$\Delta\sigma'$ (t/m^2)	$2\Delta\sigma'$ (t/m^2)
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	25,12	6,280	12,560
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	25,12	6,154	12,309
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	25,12	6,029	12,058
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	25,12	5,652	11,304
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	25,12	5,150	10,299
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	25,12	4,773	9,546
6-7	6,5	5,50	∞	0,85	∞	0,17	25,12	4,270	8,541
7-8	7,5	5,50	∞	0,73	∞	0,16	25,12	4,019	8,038
8-9	8,5	5,50	∞	0,65	∞	0,15	25,12	3,642	7,285
9-10	9,5	5,50	∞	0,58	∞	0,13	25,12	3,266	6,531
10-11	10,5	5,50	∞	0,52	∞	0,12	25,12	3,014	6,029
11-12	11,5	5,50	∞	0,48	∞	0,11	25,12	2,763	5,526
12-13	12,5	5,50	∞	0,44	∞	0,11	25,12	2,638	5,275
13-14	13,5	5,50	∞	0,41	∞	0,10	25,12	2,386	4,773
14-15	14,5	5,50	∞	0,38	∞	0,09	25,12	2,311	4,622
15-16	15,5	5,50	∞	0,35	∞	0,09	25,12	2,261	4,522

Tabel 12. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 25,12 \text{ t/m}^2$

H timbunan	13,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	$\sigma'o$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$\sigma'o+\Delta\sigma'$ (t/m2)	P fluktuasi	$\sigma'c$ (t/m2)	OCR		Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	12,560	12,870	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,218
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	12,309	13,239	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,178
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	12,058	13,608	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,153
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	11,304	13,474	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,132
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	10,299	13,090	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,113
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	9,546	12,978	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,096
6-7	1	0,519	0,104	1,435	4,095	8,541	12,636	1,5	5,595	1,366	OC	RUMUS 2	0,081
7-8	1	0,519	0,104	1,435	4,759	8,038	12,797	1,5	6,259	1,315	OC	RUMUS 2	0,071
8-9	1	0,532	0,106	1,418	5,435	7,285	12,720	1,5	6,935	1,276	OC	RUMUS 2	0,063
9-10	1	0,532	0,106	1,418	6,124	6,531	12,655	1,5	7,624	1,245	OC	RUMUS 2	0,053
10-11	1	0,532	0,106	1,418	6,814	6,029	12,842	1,5	8,314	1,220	OC	RUMUS 2	0,045
11-12	1	0,419	0,084	1,263	8,249	5,526	13,776	1,5	9,749	1,182	OC	RUMUS 2	0,031
12-13	1	0,419	0,084	1,263	8,977	5,275	14,252	1,5	10,477	1,167	OC	RUMUS 2	0,027
13-14	1	0,419	0,084	1,263	9,704	4,773	14,477	1,5	11,204	1,155	OC	RUMUS 2	0,023
14-15	1	0,419	0,084	1,263	10,432	4,622	15,054	1,5	11,932	1,144	OC	RUMUS 2	0,021
15-16	1	0,419	0,084	1,263	11,159	4,522	15,681	1,5	12,659	1,134	OC	RUMUS 2	0,019

Tabel 13. Data Perencanaan untuk $q = 28,72 \text{ t/m}^2$

H timbunan	15,96	m
q	28,72	t/m^2
Y timbunan	1,8	t/m^3
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 14. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 28,72 \text{ t/m}^2$

H timbunan	15,96	m							
Q	28,72	t/m^2							
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	$q_0 (\text{t/m}^2)$	$\Delta\sigma' (\text{t/m}^2)$	$2\Delta\sigma' (\text{t/m}^2)$
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	28,72	7,180	14,360
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	28,72	7,036	14,073
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	28,72	6,893	13,786
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	28,72	6,462	12,924
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	28,72	5,888	11,775
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	28,72	5,457	10,914
6-7	6,5	5,50	∞	0,85	∞	0,17	28,72	4,882	9,765
7-8	7,5	5,50	∞	0,73	∞	0,16	28,72	4,595	9,190
8-9	8,5	5,50	∞	0,65	∞	0,15	28,72	4,164	8,329
9-10	9,5	5,50	∞	0,58	∞	0,13	28,72	3,734	7,467
10-11	10,5	5,50	∞	0,52	∞	0,12	28,72	3,446	6,893
11-12	11,5	5,50	∞	0,48	∞	0,11	28,72	3,159	6,318
12-13	12,5	5,50	∞	0,44	∞	0,11	28,72	3,016	6,031
13-14	13,5	5,50	∞	0,41	∞	0,10	28,72	2,728	5,457
14-15	14,5	5,50	∞	0,38	∞	0,09	28,72	2,642	5,284
15-16	15,5	5,50	∞	0,35	∞	0,09	28,72	2,585	5,170

Tabel 15. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 28,72 \text{ t/m}^2$

H timbunan	15,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$\sigma'_o+\Delta\sigma'$ (t/m2)	P fluktuasi	σ'_c (t/m2)	OCR		Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	14,360	14,670	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,230
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	14,073	15,003	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,189
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	13,786	15,336	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,165
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	12,924	15,094	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,143
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	11,775	14,566	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,123
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	10,914	14,346	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,105
6-7	1	0,519	0,104	1,435	4,095	9,765	13,860	1,5	5,595	1,366	OC	RUMUS 2	0,090
7-8	1	0,519	0,104	1,435	4,759	9,190	13,949	1,5	6,259	1,315	OC	RUMUS 2	0,079
8-9	1	0,532	0,106	1,418	5,435	8,329	13,764	1,5	6,935	1,276	OC	RUMUS 2	0,070
9-10	1	0,532	0,106	1,418	6,124	7,467	13,591	1,5	7,624	1,245	OC	RUMUS 2	0,059
10-11	1	0,532	0,106	1,418	6,814	6,893	13,706	1,5	8,314	1,220	OC	RUMUS 2	0,052
11-12	1	0,419	0,084	1,263	8,249	6,318	14,568	1,5	9,749	1,182	OC	RUMUS 2	0,035
12-13	1	0,419	0,084	1,263	8,977	6,031	15,008	1,5	10,477	1,167	OC	RUMUS 2	0,031
13-14	1	0,419	0,084	1,263	9,704	5,457	15,161	1,5	11,204	1,155	OC	RUMUS 2	0,027
14-15	1	0,419	0,084	1,263	10,432	5,284	15,716	1,5	11,932	1,144	OC	RUMUS 2	0,024
15-16	1	0,419	0,084	1,263	11,159	5,170	16,329	1,5	12,659	1,134	OC	RUMUS 2	0,023

Tabel 16. Data Perencanaan untuk $q = 32,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	17,96	m
q	32,32	t/m ²
Y timbunan	1,8	t/m ³
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 17. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 32,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	17,96	m							
Q	32,32	t/m ²							
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	q0 (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$2\Delta\sigma'$ (t/m ²)
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	32,32	8,080	16,160
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	32,32	7,918	15,837
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	32,32	7,757	15,514
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	32,32	7,272	14,544
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	32,32	6,626	13,251
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	32,32	6,141	12,282
6-7	6,5	5,50	∞	0,85	∞	0,17	32,32	5,494	10,989
7-8	7,5	5,50	∞	0,73	∞	0,16	32,32	5,171	10,342
8-9	8,5	5,50	∞	0,65	∞	0,15	32,32	4,686	9,373
9-10	9,5	5,50	∞	0,58	∞	0,13	32,32	4,202	8,403
10-11	10,5	5,50	∞	0,52	∞	0,12	32,32	3,878	7,757
11-12	11,5	5,50	∞	0,48	∞	0,11	32,32	3,555	7,110
12-13	12,5	5,50	∞	0,44	∞	0,11	32,32	3,394	6,787
13-14	13,5	5,50	∞	0,41	∞	0,10	32,32	3,070	6,141
14-15	14,5	5,50	∞	0,38	∞	0,09	32,32	2,973	5,947
15-16	15,5	5,50	∞	0,35	∞	0,09	32,32	2,909	5,818

Tabel 18. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 32,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	17,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma'$ (t/m ²)	P fluktuasi	σ'_c (t/m ²)	OCR		Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	16,160	16,470	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,241
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	15,837	16,767	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,200
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	15,514	17,064	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,175
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	14,544	16,714	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,152
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	13,251	16,042	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,132
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	12,282	15,714	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,114
6-7	1	0,519	0,104	1,435	4,095	10,989	15,084	1,5	5,595	1,366	OC	RUMUS 2	0,097
7-8	1	0,519	0,104	1,435	4,759	10,342	15,101	1,5	6,259	1,315	OC	RUMUS 2	0,087
8-9	1	0,532	0,106	1,418	5,435	9,373	14,808	1,5	6,935	1,276	OC	RUMUS 2	0,077
9-10	1	0,532	0,106	1,418	6,124	8,403	14,527	1,5	7,624	1,245	OC	RUMUS 2	0,066
10-11	1	0,532	0,106	1,418	6,814	7,757	14,570	1,5	8,314	1,220	OC	RUMUS 2	0,057
11-12	1	0,419	0,084	1,263	8,249	7,110	15,360	1,5	9,749	1,182	OC	RUMUS 2	0,039
12-13	1	0,419	0,084	1,263	8,977	6,787	15,764	1,5	10,477	1,167	OC	RUMUS 2	0,035
13-14	1	0,419	0,084	1,263	9,704	6,141	15,845	1,5	11,204	1,155	OC	RUMUS 2	0,030
14-15	1	0,419	0,084	1,263	10,432	5,947	16,379	1,5	11,932	1,144	OC	RUMUS 2	0,028
15-16	1	0,419	0,084	1,263	11,159	5,818	16,977	1,5	12,659	1,134	OC	RUMUS 2	0,026

Tabel 19. Rekap Perhitungan Nilai Sc dan H inisial

H timbunan (m)	Q timbunan (t/m ²)	SC (m)	H initial (m)	H traffic (m)	perkerasan (n)	H final (m)
7,956	14,320	0,867	8,437	0,222	0,733	6,615
9,956	17,920	1,039	10,533	0,222	0,733	8,538
11,956	21,520	1,190	12,616	0,222	0,733	10,471
13,956	25,120	1,324	14,691	0,222	0,733	12,412
15,956	28,720	1,446	16,759	0,222	0,733	14,358
17,956	32,320	1,557	18,820	0,222	0,733	16,308

Hdr = 10,4 m

Tabel 20. Data Perencanaan untuk $q = 14,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	7,96	m
q	14,32	t/m ²
Y timbunan	1,8	t/m ³
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 21. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 14,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	7,96	m							
Q	14,32	t/m2							
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	q0 (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$2\Delta\sigma'$ (t/m2)
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	14,32	3,580	7,160
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	14,32	3,508	7,017
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	14,32	3,437	6,874
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	14,32	3,222	6,444
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	14,32	2,936	5,871
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	14,32	2,721	5,442
6-7	6,5	5,50	∞	0,85	∞	0,17	14,32	2,434	4,869
7-8	7,5	5,50	∞	0,73	∞	0,16	14,32	2,291	4,582
8-9	8,5	5,50	∞	0,65	∞	0,15	14,32	2,076	4,153
9-10	9,5	5,50	∞	0,58	∞	0,13	14,32	1,862	3,723
10-11	10,5	5,50	∞	0,52	∞	0,12	14,32	1,718	3,437

Tabel 22. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 14,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	7,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	$\sigma'o$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$\sigma'o+\Delta\sigma'$ (t/m2)	P fluktuasi	$\sigma'c$ (t/m2)	OCR		Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	7,160	7,470	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,167
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	7,017	7,947	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,130
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	6,874	8,424	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,108
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	6,444	8,614	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,090
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	5,871	8,662	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,074
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	5,442	8,874	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,061
6-7	1	0,519	0,104	1,435	4,095	4,869	8,964	1,5	5,595	1,366	OC	RUMUS 2	0,049
7-8	1	0,519	0,104	1,435	4,759	4,582	9,341	1,5	6,259	1,315	OC	RUMUS 2	0,042
8-9	1	0,532	0,106	1,418	5,435	4,153	9,588	1,5	6,935	1,276	OC	RUMUS 2	0,036
9-10	1	0,532	0,106	1,418	6,124	3,723	9,847	1,5	7,624	1,245	OC	RUMUS 2	0,029
10-11	1	0,532	0,106	1,418	6,814	3,437	10,250	1,5	8,314	1,220	OC	RUMUS 2	0,024

Tabel 23. Data Perencanaan untuk $q = 17,92 \text{ t/m}^2$

H timbunan	9,96	m
q	17,92	t/m^2
Y timbunan	1,8	t/m^3
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 24. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 17,92 \text{ t/m}^2$

H timbunan	9,96	m							
Q	17,92	t/m^2							
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	$q_0 \text{ (t/m}^2\text{)}$	$\Delta\sigma' \text{ (t/m}^2\text{)}$	$2\Delta\sigma' \text{ (t/m}^2\text{)}$
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	17,92	4,480	8,960
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	17,92	4,390	8,781
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	17,92	4,301	8,602
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	17,92	4,032	8,064
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	17,92	3,674	7,347
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	17,92	3,405	6,810
6-7	6,5	5,50	∞	0,85	∞	0,17	17,92	3,046	6,093
7-8	7,5	5,50	∞	0,73	∞	0,16	17,92	2,867	5,734
8-9	8,5	5,50	∞	0,65	∞	0,15	17,92	2,598	5,197
9-10	9,5	5,50	∞	0,58	∞	0,13	17,92	2,330	4,659
10-11	10,5	5,50	∞	0,52	∞	0,12	17,92	2,150	4,301

Tabel 25. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 17,92 \text{ t/m}^2$

H timbunan	9,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma'$ (t/m ²)	P fluktuasi	σ'_c (t/m ²)	OCR		Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	8,960	9,270	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,187
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	8,781	9,711	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,148
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	8,602	10,152	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,126
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	8,064	10,234	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,106
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	7,347	10,138	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,089
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	6,810	10,242	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,074
6-7	1	0,519	0,104	1,435	4,095	6,093	10,188	1,5	5,595	1,366	OC	RUMUS 2	0,061
7-8	1	0,519	0,104	1,435	4,759	5,734	10,493	1,5	6,259	1,315	OC	RUMUS 2	0,053
8-9	1	0,532	0,106	1,418	5,435	5,197	10,632	1,5	6,935	1,276	OC	RUMUS 2	0,046
9-10	1	0,532	0,106	1,418	6,124	4,659	10,783	1,5	7,624	1,245	OC	RUMUS 2	0,037
10-11	1	0,532	0,106	1,418	6,814	4,301	11,114	1,5	8,314	1,220	OC	RUMUS 2	0,032

Tabel 26. Data Perencanaan untuk $q = 21,52 \text{ t/m}^2$

H timbunan	11,96	m
q	21,52	t/m ²
Y timbunan	1,8	t/m ³
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 27. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 21,52 \text{ t/m}^2$

H timbunan	11,96	m							
Q	21,52	t/m2							
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	q0 (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$2\Delta\sigma'$ (t/m2)
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	21,52	5,380	10,760
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	21,52	5,272	10,545
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	21,52	5,165	10,330
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	21,52	4,842	9,684
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	21,52	4,412	8,823
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	21,52	4,089	8,178
6-7	6,5	5,50	∞	0,85	∞	0,17	21,52	3,658	7,317
7-8	7,5	5,50	∞	0,73	∞	0,16	21,52	3,443	6,886
8-9	8,5	5,50	∞	0,65	∞	0,15	21,52	3,120	6,241
9-10	9,5	5,50	∞	0,58	∞	0,13	21,52	2,798	5,595
10-11	10,5	5,50	∞	0,52	∞	0,12	21,52	2,582	5,165

Tabel 28. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 21,52 \text{ t/m}^2$

H timbunan	11,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	σ_o' (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$\sigma_o'+\Delta\sigma'$ (t/m2)	P fluktuasi	σ_c' (t/m2)	OCR		Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	10,760	11,070	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,20354
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	10,545	11,475	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,164081
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	10,330	11,880	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,140629
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	9,684	11,854	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,12017
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	8,823	11,614	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,101765
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	8,178	11,610	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,085877
6-7	1	0,519	0,104	1,435	4,095	7,317	11,412	1,5	5,595	1,366	OC	RUMUS 2	0,071688
7-8	1	0,519	0,104	1,435	4,759	6,886	11,645	1,5	6,259	1,315	OC	RUMUS 2	0,062492
8-9	1	0,532	0,106	1,418	5,435	6,241	11,676	1,5	6,935	1,276	OC	RUMUS 2	0,054486
9-10	1	0,532	0,106	1,418	6,124	5,595	11,719	1,5	7,624	1,245	OC	RUMUS 2	0,045308
10-11	1	0,532	0,106	1,418	6,814	5,165	11,978	1,5	8,314	1,220	OC	RUMUS 2	0,038735

Tabel 29. Data Perencanaan untuk $q = 25,12 \text{ t/m}^2$

H timbunan	13,96	m
q	25,12	t/m^2
Y timbunan	1,8	t/m^3
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 30. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 25,12 \text{ t/m}^2$

H timbunan	13,96	m							
Q	25,12	t/m^2							
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	q0 (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$2\Delta\sigma'$ (t/m2)
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	25,12	6,280	12,560
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	25,12	6,154	12,309
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	25,12	6,029	12,058
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	25,12	5,652	11,304
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	25,12	5,150	10,299
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	25,12	4,773	9,546
6-7	6,5	5,50	∞	0,85	∞	0,17	25,12	4,270	8,541
7-8	7,5	5,50	∞	0,73	∞	0,16	25,12	4,019	8,038
8-9	8,5	5,50	∞	0,65	∞	0,15	25,12	3,642	7,285
9-10	9,5	5,50	∞	0,58	∞	0,13	25,12	3,266	6,531
10-11	10,5	5,50	∞	0,52	∞	0,12	25,12	3,014	6,029

Tabel 31. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 25,12 \text{ t/m}^2$

H timbunan	13,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma'$ (t/m ²)	P fluktuasi	σ'_c (t/m ²)	OCR		Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	12,560	12,870	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,218
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	12,309	13,239	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,178
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	12,058	13,608	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,153
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	11,304	13,474	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,132
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	10,299	13,090	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,113
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	9,546	12,978	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,096
6-7	1	0,519	0,104	1,435	4,095	8,541	12,636	1,5	5,595	1,366	OC	RUMUS 2	0,081
7-8	1	0,519	0,104	1,435	4,759	8,038	12,797	1,5	6,259	1,315	OC	RUMUS 2	0,071
8-9	1	0,532	0,106	1,418	5,435	7,285	12,720	1,5	6,935	1,276	OC	RUMUS 2	0,063
9-10	1	0,532	0,106	1,418	6,124	6,531	12,655	1,5	7,624	1,245	OC	RUMUS 2	0,053
10-11	1	0,532	0,106	1,418	6,814	6,029	12,842	1,5	8,314	1,220	OC	RUMUS 2	0,045

Tabel 32. Data Perencanaan untuk $q = 28,72 \text{ t/m}^2$

H timbunan	15,96	m
q	28,72	t/m ²
Y timbunan	1,8	t/m ³
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 33. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 28,72 \text{ t/m}^2$

H timbunan	15,96	m							
Q	28,72	t/m2							
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	q0 (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$2\Delta\sigma'$ (t/m2)
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	28,72	7,180	14,360
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	28,72	7,036	14,073
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	28,72	6,893	13,786
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	28,72	6,462	12,924
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	28,72	5,888	11,775
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	28,72	5,457	10,914
6-7	6,5	5,50	∞	0,85	∞	0,17	28,72	4,882	9,765
7-8	7,5	5,50	∞	0,73	∞	0,16	28,72	4,595	9,190
8-9	8,5	5,50	∞	0,65	∞	0,15	28,72	4,164	8,329
9-10	9,5	5,50	∞	0,58	∞	0,13	28,72	3,734	7,467
10-11	10,5	5,50	∞	0,52	∞	0,12	28,72	3,446	6,893

Tabel 34. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 28,72 \text{ t/m}^2$

H timbunan	15,96	m										
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$\sigma'_o + \Delta\sigma'$ (t/m2)	P fluktuasi	σ'_c (t/m2)	OCR	Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	14,360	14,670	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2 0,230026
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	14,073	15,003	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2 0,189298
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	13,786	15,336	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2 0,164649
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	12,924	15,094	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2 0,142899
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	11,775	14,566	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2 0,12307
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	10,914	14,346	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2 0,105447
6-7	1	0,519	0,104	1,435	4,095	9,765	13,860	1,5	5,595	1,366	OC	RUMUS 2 0,08966
7-8	1	0,519	0,104	1,435	4,759	9,190	13,949	1,5	6,259	1,315	OC	RUMUS 2 0,079188
8-9	1	0,532	0,106	1,418	5,435	8,329	13,764	1,5	6,935	1,276	OC	RUMUS 2 0,070221
9-10	1	0,532	0,106	1,418	6,124	7,467	13,591	1,5	7,624	1,245	OC	RUMUS 2 0,059481
10-11	1	0,532	0,106	1,418	6,814	6,893	13,706	1,5	8,314	1,220	OC	RUMUS 2 0,051623

Tabel 35. Data Perencanaan untuk $q = 32,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	17,96	m
q	32,32	t/m^2
V timbunan	1,8	t/m^3
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 36. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 32,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	17,96	m							
Q	32,32	t/m^2							
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	$q_0 \text{ (t/m}^2\text{)}$	$\Delta\sigma' \text{ (t/m}^2\text{)}$	$2\Delta\sigma' \text{ (t/m}^2\text{)}$
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	32,32	8,080	16,160
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	32,32	7,918	15,837
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	32,32	7,757	15,514
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	32,32	7,272	14,544
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	32,32	6,626	13,251
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	32,32	6,141	12,282
6-7	6,5	5,50	∞	0,85	∞	0,17	32,32	5,494	10,989
7-8	7,5	5,50	∞	0,73	∞	0,16	32,32	5,171	10,342
8-9	8,5	5,50	∞	0,65	∞	0,15	32,32	4,686	9,373
9-10	9,5	5,50	∞	0,58	∞	0,13	32,32	4,202	8,403
10-11	10,5	5,50	∞	0,52	∞	0,12	32,32	3,878	7,757

Tabel 37. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 32,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	17,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	$\sigma'o$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$\sigma'o+\Delta\sigma'$ (t/m2)	P fluktuasi	$\sigma'c$ (t/m2)	OCR		Rumus SC	SC (m).
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	16,160	16,470	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,241
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	15,837	16,767	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,200
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	15,514	17,064	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,175
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	14,544	16,714	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,152
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	13,251	16,042	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,132
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	12,282	15,714	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,114
6-7	1	0,519	0,104	1,435	4,095	10,989	15,084	1,5	5,595	1,366	OC	RUMUS 2	0,097
7-8	1	0,519	0,104	1,435	4,759	10,342	15,101	1,5	6,259	1,315	OC	RUMUS 2	0,087
8-9	1	0,532	0,106	1,418	5,435	9,373	14,808	1,5	6,935	1,276	OC	RUMUS 2	0,077
9-10	1	0,532	0,106	1,418	6,124	8,403	14,527	1,5	7,624	1,245	OC	RUMUS 2	0,066
10-11	1	0,532	0,106	1,418	6,814	7,757	14,570	1,5	8,314	1,220	OC	RUMUS 2	0,057

Tabel 38. Rekap Perhitungan Nilai Sc dan H inisial

H timbunan (m)	Q timbunan (t/m ²)	SC (m)	H initial (m)	H traffic (m)	H perkerasan (m)	H final (m)
7,956	14,320	0,809	8,405	0,222	0,733	6,640
9,956	17,920	0,959	10,488	0,222	0,733	8,574
11,956	21,520	1,089	12,560	0,222	0,733	10,516
13,956	25,120	1,203	14,624	0,222	0,733	12,465
15,956	28,720	1,306	16,681	0,222	0,733	14,420
17,956	32,320	1,398	18,732	0,222	0,733	16,378

Hdr = 5,2 m

Tabel 39. Data Perencanaan untuk $q = 14,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	7,96	m
q	14,32	t/m^2
Y timbunan	1,8	t/m^3
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 40. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 14,32 \text{ t/m}^2$

7,96	m							
14,32	t/m^2							
z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	$q_0 (\text{t/m}^2)$	$\Delta\sigma' (\text{t/m}^2)$	$2\Delta\sigma' (\text{t/m}^2)$
0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	14,32	3,580	7,160
1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	14,32	3,508	7,017
2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	14,32	3,437	6,874
3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	14,32	3,222	6,444
4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	14,32	2,936	5,871
5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	14,32	2,721	5,442

Tabel 41. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 14,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	7,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma'$ (t/m ²)	P fluktuasi (t/m ²)	σ'_c (t/m ²)	OCR		Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	7,160	7,470	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,167
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	7,017	7,947	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,130
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	6,874	8,424	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,108
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	6,444	8,614	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,090
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	5,871	8,662	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,074
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	5,442	8,874	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,061

Tabel 42. Data Perencanaan untuk $q = 17,92 \text{ t/m}^2$

H timbunan	9,96	m
q	17,92	t/m ²
Y timbunan	1,8	t/m ³
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 43. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 17,92 \text{ t/m}^2$

H timbunan	9,96	m							
Q	17,92	t/m2							
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	q0 (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$2\Delta\sigma'$ (t/m2)
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	17,92	4,480	8,960
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	17,92	4,390	8,781
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	17,92	4,301	8,602
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	17,92	4,032	8,064
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	17,92	3,674	7,347
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	17,92	3,405	6,810

Tabel 44. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 17,92 \text{ t/m}^2$

H timbunan	9,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	$\sigma'o$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$\sigma'o+\Delta\sigma'$ (t/m2)	P fluktuasi	$\sigma'c$ (t/m2)	OCR		Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	8,960	9,270	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,187
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	8,781	9,711	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,148
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	8,602	10,152	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,126
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	8,064	10,234	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,106
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	7,347	10,138	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,089
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	6,810	10,242	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,074

Tabel 45. Data Perencanaan untuk $q = 21,52 \text{ t/m}^2$

H timbunan	11,96	m
q	21,52	t/m^2
Y timbunan	1,8	t/m^3
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 46. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 21,52 \text{ t/m}^2$

H timbunan	11,96	m							
Q	21,52	t/m^2							
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	$q_0 (\text{t/m}^2)$	$\Delta\sigma' (\text{t/m}^2)$	$2\Delta\sigma' (\text{t/m}^2)$
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	21,52	5,380	10,760
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	21,52	5,272	10,545
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	21,52	5,165	10,330
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	21,52	4,842	9,684
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	21,52	4,412	8,823
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	21,52	4,089	8,178

Tabel 47. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 21,52 \text{ t/m}^2$

H timbunan	11,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma'$ (t/m ²)	P fluktuasi (t/m ²)	σ'_c (t/m ²)	OCR		Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	10,760	11,070	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,204
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	10,545	11,475	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,164
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	10,330	11,880	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,141
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	9,684	11,854	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,120
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	8,823	11,614	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,102
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	8,178	11,610	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,086

Tabel 48. Data Perencanaan untuk $q = 25,12 \text{ t/m}^2$

H timbunan	13,96	m
q	25,12	t/m ²
Y timbunan	1,8	t/m ³
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 49. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 25,12 \text{ t/m}^2$

H timbunan	13,96	m							
Q	25,12	t/m2							
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	q0 (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$2\Delta\sigma'$ (t/m2)
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	25,12	6,280	12,560
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	25,12	6,154	12,309
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	25,12	6,029	12,058
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	25,12	5,652	11,304
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	25,12	5,150	10,299
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	25,12	4,773	9,546

Tabel 50. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 25,12 \text{ t/m}^2$

H timbunan	13,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	$\sigma'o$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$\sigma'o+\Delta\sigma'$ (t/m2)	P fluktuasi	$\sigma'c$ (t/m2)	OCR		Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	12,560	12,870	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,218
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	12,309	13,239	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,178
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	12,058	13,608	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,153
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	11,304	13,474	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,132
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	10,299	13,090	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,113
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	9,546	12,978	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,096

Tabel 51. Data Perencanaan untuk $q = 28,72 \text{ t/m}^2$

H timbunan	15,96	m
q	28,72	t/m^2
Y timbunan	1,8	t/m^3
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 52. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 28,72 \text{ t/m}^2$

H timbunan	15,96	m							
Q	28,72	t/m^2							
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	$q_0 \text{ (t/m}^2\text{)}$	$\Delta\sigma' \text{ (t/m}^2\text{)}$	$2\Delta\sigma' \text{ (t/m}^2\text{)}$
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	28,72	7,180	14,360
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	28,72	7,036	14,073
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	28,72	6,893	13,786
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	28,72	6,462	12,924
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	28,72	5,888	11,775
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	28,72	5,457	10,914

Tabel 53. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 28,72 \text{ t/m}^2$

H timbunan	15,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	σ_o' (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$\sigma_o'+\Delta\sigma'$ (t/m2)	P fluktuasi (t/m2)	σ_c' (t/m2)	OCR		Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	14,360	14,670	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,230
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	14,073	15,003	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,189
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	13,786	15,336	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,165
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	12,924	15,094	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,143
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	11,775	14,566	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,123
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	10,914	14,346	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,105

Tabel 54. Data Perencanaan untuk $q = 32,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	17,96	m
q	32,32	t/m ²
Y timbunan	1,8	t/m ³
Fluktuasi air	1,5	m
x	5,5	m
y	∞	m

Tabel 55. Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan untuk $q = 32,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	17,96	m							
Q	32,32	t/m ²							
Kedalaman (m)	z (m)	x (m)	y (m)	x/z	y/z	I	q ₀ (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$2\Delta\sigma'$ (t/m ²)
0-1	0,5	5,50	∞	11,00	∞	0,25	32,32	8,080	16,160
1-2	1,5	5,50	∞	3,67	∞	0,25	32,32	7,918	15,837
2-3	2,5	5,50	∞	2,20	∞	0,24	32,32	7,757	15,514
3-4	3,5	5,50	∞	1,57	∞	0,23	32,32	7,272	14,544
4-5	4,5	5,50	∞	1,22	∞	0,21	32,32	6,626	13,251
5-6	5,5	5,50	∞	1,00	∞	0,19	32,32	6,141	12,282

Tabel 56. Perhitungan *Settlement* Akibat Timbunan untuk $q = 32,32 \text{ t/m}^2$

H timbunan	17,96	m											
Kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	$\sigma'o$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)	$\sigma'o+\Delta\sigma'$ (t/m2)	P fluktuasi	$\sigma'c$ (t/m2)	OCR		Rumus SC	SC (m)
0-1	1	0,547	0,109	1,527	0,310	16,160	16,470	1,5	1,810	5,838	OC	RUMUS 2	0,241
1-2	1	0,547	0,109	1,527	0,930	15,837	16,767	1,5	2,430	2,613	OC	RUMUS 2	0,200
2-3	1	0,547	0,109	1,527	1,550	15,514	17,064	1,5	3,050	1,968	OC	RUMUS 2	0,175
3-4	1	0,547	0,109	1,527	2,170	14,544	16,714	1,5	3,670	1,691	OC	RUMUS 2	0,152
4-5	1	0,547	0,109	1,527	2,790	13,251	16,042	1,5	4,290	1,538	OC	RUMUS 2	0,132
5-6	1	0,519	0,104	1,435	3,432	12,282	15,714	1,5	4,932	1,437	OC	RUMUS 2	0,114

Tabel 57. Rekap Perhitungan Nilai Sc dan H inisial

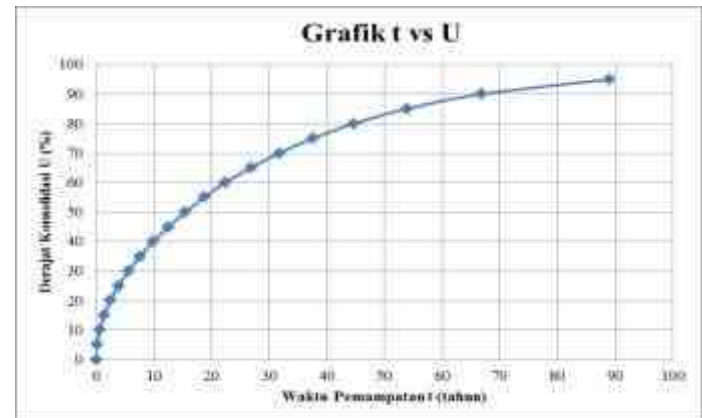
H timbunan (m)	Q timbunan (t/m2)	SC (m)	H initial (m)	H traffic (m)	H perkerasan (m)	H final (m)
7,956	14,320	0,630	8,305	0,222	0,733	6,720
9,956	17,920	0,731	10,361	0,222	0,733	8,675
11,956	21,520	0,816	12,409	0,222	0,733	10,637
13,956	25,120	0,890	14,450	0,222	0,733	12,604
15,956	28,720	0,955	16,486	0,222	0,733	14,575
17,956	32,320	1,014	18,519	0,222	0,733	16,549

LAMPIRAN 6

WAKTU KONSOLIDASI DAN PERCEPATAN WAKTU KONSOLIDASI DENGAN PVD

Tabel 1. Hasil Perhitungan Waktu Konsolidasi Alami

Derajat konsolidasi (U%)	Faktor Waktu (Tv)	t (tahun)	Sc (m)
0	0	0	0
5	0,002	0,155	0,049
10	0,008	0,619	0,098
15	0,018	1,393	0,148
20	0,031	2,476	0,197
25	0,049	3,869	0,246
30	0,071	5,571	0,295
35	0,096	7,583	0,344
40	0,126	9,904	0,394
45	0,159	12,535	0,443
50	0,196	15,476	0,492
55	0,238	18,726	0,541
60	0,283	22,285	0,591
65	0,340	26,828	0,640
70	0,403	31,751	0,689
75	0,477	37,574	0,738
80	0,567	44,700	0,787
85	0,684	53,888	0,837
90	0,848	66,837	0,886
95	1,129	88,973	0,935
100	-	-	0,984



Gambar 1. Grafik Hubungan Waktu Konsolidasi dengan Derajat Konsolidasi

Hdr = 15,5 m

Tabel 2. Hasil Perhitungan Faktor Hambatan (Fn) dengan PVD Pola Segitiga

S (m)	D (cm)	n	F(n)
0,8	84,0	13	1,791
0,9	94,5	14	1,907
1	105,0	16	2,011
1,2	126,0	19	2,192
1,3	136,5	20	2,271
1,4	147	22	2,345
1,6	168	25	2,478
1,8	189	28	2,595
2	210	31	2,700

Tabel 3. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segitiga

S=	0,8	m			S=	0,9	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0002	0,0176	0,3093	32,150	1	0,0002	0,0176	0,2401	25,250
2	0,0005	0,0249	0,5230	53,487	2	0,0005	0,0249	0,4226	43,696
3	0,0007	0,0305	0,6706	68,060	3	0,0007	0,0305	0,5612	57,462
4	0,0010	0,0352	0,7725	78,048	4	0,0010	0,0352	0,6666	67,833
5	0,0012	0,0394	0,8429	84,904	5	0,0012	0,0394	0,7467	75,663
6	0,0015	0,0431	0,8915	89,615	6	0,0015	0,0431	0,8075	81,579
7	0,0017	0,0466	0,9250	92,853	7	0,0017	0,0466	0,8537	86,053
8	0,0019	0,0498	0,9482	95,081	8	0,0019	0,0498	0,8888	89,438
9	0,0022	0,0528	0,9642	96,613	9	0,0022	0,0528	0,9155	91,999
10	0,0024	0,0557	0,9753	97,668	10	0,0024	0,0557	0,9358	93,939
11	0,0027	0,0584	0,9829	98,394	11	0,0027	0,0584	0,9512	95,408
12	0,0029	0,0610	0,9882	98,894	12	0,0029	0,0610	0,9629	96,520
13	0,0032	0,0635	0,9919	99,238	13	0,0032	0,0635	0,9718	97,363
14	0,0034	0,0659	0,9944	99,475	14	0,0034	0,0659	0,9786	98,001
15	0,0036	0,0682	0,9961	99,638	15	0,0036	0,0682	0,9837	98,485
16	0,0039	0,0704	0,9973	99,751	16	0,0039	0,0704	0,9876	98,851
17	0,0041	0,0726	0,9981	99,828	17	0,0041	0,0726	0,9906	99,129
18	0,0044	0,0747	0,9987	99,882	18	0,0044	0,0747	0,9929	99,340
19	0,0046	0,0767	0,9991	99,918	19	0,0046	0,0767	0,9946	99,499
20	0,0049	0,0787	0,9994	99,944	20	0,0049	0,0787	0,9959	99,620
21	0,0051	0,0807	0,9996	99,961	21	0,0051	0,0807	0,9969	99,712
22	0,0054	0,0826	0,9997	99,973	22	0,0054	0,0826	0,9976	99,782
23	0,0056	0,0844	0,9998	99,982	23	0,0056	0,0844	0,9982	99,835
24	0,0058	0,0862	0,9999	99,987	24	0,0058	0,0862	0,9986	99,874

Tabel 3. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segitiga (Lanjutan)

S=	1	m			S=	1,2	m			S=	1,3	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0002	0,0176	0,1901	20,440	1	0,0002	0,0176	0,1258	14,114	1	0,0002	0,0176	0,1046	12,038
2	0,0005	0,0249	0,3441	36,046	2	0,0005	0,0249	0,2357	25,471	2	0,0005	0,0249	0,1983	21,825
3	0,0007	0,0305	0,4688	48,504	3	0,0007	0,0305	0,3318	35,217	3	0,0007	0,0305	0,2822	30,405
4	0,0010	0,0352	0,5698	58,499	4	0,0010	0,0352	0,4158	43,639	4	0,0010	0,0352	0,3573	37,989
5	0,0012	0,0394	0,6516	66,535	5	0,0012	0,0394	0,4893	50,939	5	0,0012	0,0394	0,4245	44,716
6	0,0015	0,0431	0,7179	73,004	6	0,0015	0,0431	0,5535	57,276	6	0,0015	0,0431	0,4847	50,693
7	0,0017	0,0466	0,7715	78,216	7	0,0017	0,0466	0,6097	62,783	7	0,0017	0,0466	0,5386	56,011
8	0,0019	0,0498	0,8150	82,418	8	0,0019	0,0498	0,6587	67,573	8	0,0019	0,0498	0,5869	60,746
9	0,0022	0,0528	0,8502	85,806	9	0,0022	0,0528	0,7017	71,741	9	0,0022	0,0528	0,6301	64,964
10	0,0024	0,0557	0,8786	88,540	10	0,0024	0,0557	0,7392	75,369	10	0,0024	0,0557	0,6688	68,724
11	0,0027	0,0584	0,9017	90,746	11	0,0027	0,0584	0,7720	78,528	11	0,0027	0,0584	0,7035	72,077
12	0,0029	0,0610	0,9204	92,526	12	0,0029	0,0610	0,8006	81,280	12	0,0029	0,0610	0,7345	75,067
13	0,0032	0,0635	0,9355	93,963	13	0,0032	0,0635	0,8257	83,678	13	0,0032	0,0635	0,7623	77,735
14	0,0034	0,0659	0,9478	95,124	14	0,0034	0,0659	0,8476	85,767	14	0,0034	0,0659	0,7871	80,115
15	0,0036	0,0682	0,9577	96,061	15	0,0036	0,0682	0,8668	87,587	15	0,0036	0,0682	0,8094	82,239
16	0,0039	0,0704	0,9658	96,817	16	0,0039	0,0704	0,8835	89,174	16	0,0039	0,0704	0,8293	84,136
17	0,0041	0,0726	0,9723	97,429	17	0,0041	0,0726	0,8982	90,558	17	0,0041	0,0726	0,8472	85,828
18	0,0044	0,0747	0,9775	97,922	18	0,0044	0,0747	0,9110	91,764	18	0,0044	0,0747	0,8632	87,340
19	0,0046	0,0767	0,9818	98,321	19	0,0046	0,0767	0,9222	92,815	19	0,0046	0,0767	0,8775	88,689
20	0,0049	0,0787	0,9853	98,643	20	0,0049	0,0787	0,9320	93,732	20	0,0049	0,0787	0,8903	89,895
21	0,0051	0,0807	0,9881	98,904	21	0,0051	0,0807	0,9405	94,532	21	0,0051	0,0807	0,9018	90,971
22	0,0054	0,0826	0,9903	99,114	22	0,0054	0,0826	0,9480	95,230	22	0,0054	0,0826	0,9121	91,932
23	0,0056	0,0844	0,9922	99,284	23	0,0056	0,0844	0,9545	95,838	23	0,0056	0,0844	0,9213	92,791
24	0,0058	0,0862	0,9937	99,421	24	0,0058	0,0862	0,9603	96,369	24	0,0058	0,0862	0,9295	93,558

Tabel 3. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segitiga (Lanjutan)

S=	1,4	m			S=	1,6	m			S=	1,8	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0002	0,0176	0,0882	10,421	1	0,0002	0,0176	0,0647	8,115	1	0,0002	0,0176	0,0492	6,594
2	0,0005	0,0249	0,1686	18,925	2	0,0005	0,0249	0,1252	14,697	2	0,0005	0,0249	0,0960	11,849
3	0,0007	0,0305	0,2419	26,497	3	0,0007	0,0305	0,1818	20,673	3	0,0007	0,0305	0,1405	16,667
4	0,0010	0,0352	0,3087	33,303	4	0,0010	0,0352	0,2347	26,165	4	0,0010	0,0352	0,1828	21,152
5	0,0012	0,0394	0,3696	39,445	5	0,0012	0,0394	0,2842	31,239	5	0,0012	0,0394	0,2230	25,355
6	0,0015	0,0431	0,4252	44,999	6	0,0015	0,0431	0,3305	35,939	6	0,0015	0,0431	0,2612	29,305
7	0,0017	0,0466	0,4759	50,029	7	0,0017	0,0466	0,3738	40,299	7	0,0017	0,0466	0,2975	33,026
8	0,0019	0,0498	0,5221	54,589	8	0,0019	0,0498	0,4143	44,349	8	0,0019	0,0498	0,3321	36,536
9	0,0022	0,0528	0,5642	58,724	9	0,0022	0,0528	0,4522	48,115	9	0,0022	0,0528	0,3650	39,851
10	0,0024	0,0557	0,6026	62,476	10	0,0024	0,0557	0,4877	51,618	10	0,0024	0,0557	0,3962	42,982
11	0,0027	0,0584	0,6377	65,883	11	0,0027	0,0584	0,5208	54,878	11	0,0027	0,0584	0,4259	45,944
12	0,0029	0,0610	0,6696	68,976	12	0,0029	0,0610	0,5518	57,913	12	0,0029	0,0610	0,4542	48,745
13	0,0032	0,0635	0,6987	71,787	13	0,0032	0,0635	0,5808	60,740	13	0,0032	0,0635	0,4810	51,396
14	0,0034	0,0659	0,7253	74,340	14	0,0034	0,0659	0,6079	63,373	14	0,0034	0,0659	0,5066	53,906
15	0,0036	0,0682	0,7495	76,660	15	0,0036	0,0682	0,6333	65,828	15	0,0036	0,0682	0,5308	56,282
16	0,0039	0,0704	0,7716	78,769	16	0,0039	0,0704	0,6570	68,115	16	0,0039	0,0704	0,5539	58,533
17	0,0041	0,0726	0,7917	80,686	17	0,0041	0,0726	0,6792	70,247	17	0,0041	0,0726	0,5759	60,665
18	0,0044	0,0747	0,8101	82,428	18	0,0044	0,0747	0,6999	72,235	18	0,0044	0,0747	0,5967	62,685
19	0,0046	0,0767	0,8268	84,013	19	0,0046	0,0767	0,7194	74,088	19	0,0046	0,0767	0,6166	64,600
20	0,0049	0,0787	0,8421	85,454	20	0,0049	0,0787	0,7375	75,817	20	0,0049	0,0787	0,6354	66,414
21	0,0051	0,0807	0,8560	86,764	21	0,0051	0,0807	0,7545	77,429	21	0,0051	0,0807	0,6534	68,134
22	0,0054	0,0826	0,8687	87,956	22	0,0054	0,0826	0,7704	78,933	22	0,0054	0,0826	0,6704	69,765
23	0,0056	0,0844	0,8803	89,040	23	0,0056	0,0844	0,7852	80,335	23	0,0056	0,0844	0,6867	71,310
24	0,0058	0,0862	0,8908	90,026	24	0,0058	0,0862	0,7991	81,644	24	0,0058	0,0862	0,7021	72,776

Tabel 3. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segitiga (Lanjutan)

S=	2	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0002	0,0176	0,0385	5,544
2	0,0005	0,0249	0,0756	9,856
3	0,0007	0,0305	0,1112	13,826
4	0,0010	0,0352	0,1454	17,548
5	0,0012	0,0394	0,1783	21,066
6	0,0015	0,0431	0,2100	24,403
7	0,0017	0,0466	0,2404	27,577
8	0,0019	0,0498	0,2697	30,602
9	0,0022	0,0528	0,2978	33,487
10	0,0024	0,0557	0,3248	36,242
11	0,0027	0,0584	0,3508	38,874
12	0,0029	0,0610	0,3758	41,390
13	0,0032	0,0635	0,3999	43,797
14	0,0034	0,0659	0,4230	46,100
15	0,0036	0,0682	0,4452	48,305
16	0,0039	0,0704	0,4666	50,415
17	0,0041	0,0726	0,4871	52,436
18	0,0044	0,0747	0,5069	54,372
19	0,0046	0,0767	0,5259	56,227
20	0,0049	0,0787	0,5442	58,003
21	0,0051	0,0807	0,5617	59,706
22	0,0054	0,0826	0,5786	61,338
23	0,0056	0,0844	0,5948	62,903
24	0,0058	0,0862	0,6104	64,402

Tabel 4. Hasil Perhitungan Faktor Hambatan (Fn)
dengan PVD Pola Segiempat

S (m)	D (cm)	n	F(n)
0,8	90,4	14	1,863
0,9	101,7	15	1,980
1	113	17	2,084
1,2	135,6	20	2,265
1,4	158,2	24	2,418
1,6	180,8	27	2,551
1,8	203,4	30	2,668
2	226	34	2,773

Tabel 5. Hasil Perhitungan Derajat
Konsolidasi dengan PVD Pola Segempat

S=	0,8	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0002	0,0176	0,2644	27,739
2	0,0005	0,0249	0,4590	47,243
3	0,0007	0,0305	0,6020	61,417
4	0,0010	0,0352	0,7073	71,758
5	0,0012	0,0394	0,7847	79,316
6	0,0015	0,0431	0,8416	84,845
7	0,0017	0,0466	0,8835	88,893
8	0,0019	0,0498	0,9143	91,858
9	0,0022	0,0528	0,9370	94,030
10	0,0024	0,0557	0,9536	95,622
11	0,0027	0,0584	0,9659	96,789
12	0,0029	0,0610	0,9749	97,645
13	0,0032	0,0635	0,9816	98,272
14	0,0034	0,0659	0,9864	98,732
15	0,0036	0,0682	0,9900	99,070
16	0,0039	0,0704	0,9927	99,317
17	0,0041	0,0726	0,9946	99,499
18	0,0044	0,0747	0,9960	99,632
19	0,0046	0,0767	0,9971	99,730
20	0,0049	0,0787	0,9979	99,802
21	0,0051	0,0807	0,9984	99,855
22	0,0054	0,0826	0,9988	99,893
23	0,0056	0,0844	0,9991	99,922
24	0,0058	0,0862	0,9994	99,943

S=	0,9	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0002	0,0176	0,2042	21,820
2	0,0005	0,0249	0,3667	38,246
3	0,0007	0,0305	0,4960	51,138
4	0,0010	0,0352	0,5989	61,304
5	0,0012	0,0394	0,6808	69,338
6	0,0015	0,0431	0,7460	75,695
7	0,0017	0,0466	0,7979	80,727
8	0,0019	0,0498	0,8391	84,715
9	0,0022	0,0528	0,8720	87,874
10	0,0024	0,0557	0,8981	90,379
11	0,0027	0,0584	0,9189	92,366
12	0,0029	0,0610	0,9355	93,942
13	0,0032	0,0635	0,9487	95,191
14	0,0034	0,0659	0,9591	96,183
15	0,0036	0,0682	0,9675	96,970
16	0,0039	0,0704	0,9741	97,594
17	0,0041	0,0726	0,9794	98,090
18	0,0044	0,0747	0,9836	98,484
19	0,0046	0,0767	0,9870	98,796
20	0,0049	0,0787	0,9896	99,044
21	0,0051	0,0807	0,9917	99,241
22	0,0054	0,0826	0,9934	99,397
23	0,0056	0,0844	0,9948	99,521
24	0,0058	0,0862	0,9958	99,620

Tabel 5. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segiempat (Lanjutan)

S=	l	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0002	0,0176	0,1612	17,593
2	0,0005	0,0249	0,2964	31,388
3	0,0007	0,0305	0,4098	42,776
4	0,0010	0,0352	0,5049	52,232
5	0,0012	0,0394	0,5847	60,103
6	0,0015	0,0431	0,6516	66,664
7	0,0017	0,0466	0,7078	72,138
8	0,0019	0,0498	0,7549	76,707
9	0,0022	0,0528	0,7944	80,523
10	0,0024	0,0557	0,8275	83,712
11	0,0027	0,0584	0,8553	86,376
12	0,0029	0,0610	0,8786	88,603
13	0,0032	0,0635	0,8982	90,465
14	0,0034	0,0659	0,9146	92,023
15	0,0036	0,0682	0,9284	93,325
16	0,0039	0,0704	0,9399	94,414
17	0,0041	0,0726	0,9496	95,325
18	0,0044	0,0747	0,9577	96,088
19	0,0046	0,0767	0,9645	96,725
20	0,0049	0,0787	0,9702	97,259
21	0,0051	0,0807	0,9750	97,706
22	0,0054	0,0826	0,9791	98,079
23	0,0056	0,0844	0,9824	98,392
24	0,0058	0,0862	0,9853	98,654

S=	l,2	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0002	0,018	0,106	12,196
2	0,0005	0,025	0,201	22,105
3	0,0007	0,030	0,286	30,779
4	0,0010	0,035	0,362	38,433
5	0,0012	0,039	0,430	45,210
6	0,0015	0,043	0,490	51,222
7	0,0017	0,047	0,544	56,561
8	0,0019	0,050	0,593	61,306
9	0,0022	0,053	0,636	65,526
10	0,0024	0,056	0,675	69,281
11	0,0027	0,058	0,709	72,623
12	0,0029	0,061	0,740	75,599
13	0,0032	0,063	0,768	78,249
14	0,0034	0,066	0,792	80,609
15	0,0036	0,068	0,814	82,712
16	0,0039	0,070	0,834	84,585
17	0,0041	0,073	0,852	86,255
18	0,0044	0,075	0,868	87,743
19	0,0046	0,077	0,882	89,069
20	0,0049	0,079	0,894	90,251
21	0,0051	0,081	0,905	91,305
22	0,0054	0,083	0,915	92,245
23	0,0056	0,084	0,924	93,083
24	0,0058	0,086	0,932	93,830

S=	l,4	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0002	0,0176	0,0744	9,066
2	0,0005	0,0249	0,1432	16,454
3	0,0007	0,0305	0,2069	23,111
4	0,0010	0,0352	0,2659	29,176
5	0,0012	0,0394	0,3205	34,725
6	0,0015	0,0431	0,3710	39,816
7	0,0017	0,0466	0,4178	44,493
8	0,0019	0,0498	0,4611	48,795
9	0,0022	0,0528	0,5012	52,754
10	0,0024	0,0557	0,5383	56,399
11	0,0027	0,0584	0,5726	59,758
12	0,0029	0,0610	0,6044	62,854
13	0,0032	0,0635	0,6338	65,707
14	0,0034	0,0659	0,6611	68,339
15	0,0036	0,0682	0,6863	70,766
16	0,0039	0,0704	0,7096	73,005
17	0,0041	0,0726	0,7312	75,071
18	0,0044	0,0747	0,7512	76,977
19	0,0046	0,0767	0,7697	78,737
20	0,0049	0,0787	0,7868	80,361
21	0,0051	0,0807	0,8027	81,860
22	0,0054	0,0826	0,8174	83,243
23	0,0056	0,0844	0,8309	84,521
24	0,0058	0,0862	0,8435	85,701

Tabel 5. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segiempat (Lanjutan)

S=	1,6	m			S=	1,8	m			S=	2	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0002	0,0176	0,0545	7,119	1	0,0002	0,0176	0,0415	5,836	1	0,0002	0,0176	0,0325	4,951
2	0,0005	0,0249	0,1061	12,837	2	0,0005	0,0249	0,0812	10,412	2	0,0005	0,0249	0,0639	8,721
3	0,0007	0,0305	0,1549	18,064	3	0,0007	0,0305	0,1194	14,621	3	0,0007	0,0305	0,0943	12,192
4	0,0010	0,0352	0,2010	22,910	4	0,0010	0,0352	0,1559	18,561	4	0,0010	0,0352	0,1237	15,458
5	0,0012	0,0394	0,2446	27,428	5	0,0012	0,0394	0,1909	22,276	5	0,0012	0,0394	0,1522	18,556
6	0,0015	0,0431	0,2858	31,655	6	0,0015	0,0431	0,2245	25,791	6	0,0015	0,0431	0,1797	21,510
7	0,0017	0,0466	0,3247	35,616	7	0,0017	0,0466	0,2566	29,127	7	0,0017	0,0466	0,2064	24,333
8	0,0019	0,0498	0,3615	39,333	8	0,0019	0,0498	0,2875	32,296	8	0,0019	0,0498	0,2322	27,038
9	0,0022	0,0528	0,3964	42,825	9	0,0022	0,0528	0,3170	35,311	9	0,0022	0,0528	0,2571	29,632
10	0,0024	0,0557	0,4293	46,106	10	0,0024	0,0557	0,3454	38,181	10	0,0024	0,0557	0,2812	32,123
11	0,0027	0,0584	0,4604	49,193	11	0,0027	0,0584	0,3725	40,916	11	0,0027	0,0584	0,3046	34,517
12	0,0029	0,0610	0,4899	52,096	12	0,0029	0,0610	0,3986	43,523	12	0,0029	0,0610	0,3272	36,818
13	0,0032	0,0635	0,5177	54,829	13	0,0032	0,0635	0,4235	46,010	13	0,0032	0,0635	0,3490	39,033
14	0,0034	0,0659	0,5440	57,402	14	0,0034	0,0659	0,4474	48,382	14	0,0034	0,0659	0,3702	41,164
15	0,0036	0,0682	0,5689	59,825	15	0,0036	0,0682	0,4704	50,646	15	0,0036	0,0682	0,3906	43,216
16	0,0039	0,0704	0,5924	62,108	16	0,0039	0,0704	0,4923	52,807	16	0,0039	0,0704	0,4104	45,192
17	0,0041	0,0726	0,6146	64,258	17	0,0041	0,0726	0,5134	54,870	17	0,0041	0,0726	0,4296	47,096
18	0,0044	0,0747	0,6356	66,284	18	0,0044	0,0747	0,5336	56,840	18	0,0044	0,0747	0,4481	48,930
19	0,0046	0,0767	0,6555	68,194	19	0,0046	0,0767	0,5529	58,722	19	0,0046	0,0767	0,4660	50,698
20	0,0049	0,0787	0,6743	69,994	20	0,0049	0,0787	0,5715	60,520	20	0,0049	0,0787	0,4834	52,403
21	0,0051	0,0807	0,6921	71,690	21	0,0051	0,0807	0,5892	62,238	21	0,0051	0,0807	0,5001	54,046
22	0,0054	0,0826	0,7089	73,290	22	0,0054	0,0826	0,6063	63,879	22	0,0054	0,0826	0,5164	55,630
23	0,0056	0,0844	0,7247	74,798	23	0,0056	0,0844	0,6226	65,447	23	0,0056	0,0844	0,5321	57,158
24	0,0058	0,0862	0,7398	76,220	24	0,0058	0,0862	0,6383	66,946	24	0,0058	0,0862	0,5473	58,632

Hdr = 10,4 m

Tabel 6. Hasil Perhitungan Faktor Hambatan (Fn) dengan PVD Pola Segitiga

S (m)	D (cm)	n	F(n)
0,8	84,0	13	1,791
0,9	94,5	14	1,907
1	105,0	16	2,011
1,2	126,0	19	2,192
1,3	136,5	20	2,271
1,4	147	22	2,345
1,6	168	25	2,478
1,8	189	28	2,595
2	210	31	2,700

Tabel 7. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segitiga

S=	0,8	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0005	0,0262	0,2664	28,560
2	0,0011	0,0371	0,4618	48,173
3	0,0016	0,0454	0,6051	62,306
4	0,0022	0,0525	0,7103	72,550
5	0,0027	0,0587	0,7875	79,993
6	0,0032	0,0643	0,8441	85,409
7	0,0038	0,0694	0,8856	89,354
8	0,0043	0,0742	0,9161	92,230
9	0,0049	0,0787	0,9384	94,327
10	0,0054	0,0830	0,9548	95,857
11	0,0059	0,0870	0,9669	96,974
12	0,0065	0,0909	0,9757	97,790
13	0,0070	0,0946	0,9822	98,385
14	0,0076	0,0982	0,9869	98,820
15	0,0081	0,1016	0,9904	99,137
16	0,0086	0,1049	0,9930	99,370
17	0,0092	0,1082	0,9948	99,539
18	0,0097	0,1113	0,9962	99,663
19	0,0103	0,1143	0,9972	99,754
20	0,0108	0,1173	0,9980	99,820
21	0,0114	0,1202	0,9985	99,868
22	0,0119	0,1230	0,9989	99,904
23	0,0124	0,1258	0,9992	99,930
24	0,0130	0,1285	0,9994	99,948

S=	0,9	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0005	0,0262	0,2053	22,615
2	0,0011	0,0371	0,3685	39,189
3	0,0016	0,0454	0,4981	52,092
4	0,0022	0,0525	0,6012	62,208
5	0,0027	0,0587	0,6830	70,163
6	0,0032	0,0643	0,7481	76,430
7	0,0038	0,0694	0,7998	81,372
8	0,0043	0,0742	0,8409	85,272
9	0,0049	0,0787	0,8736	88,353
10	0,0054	0,0830	0,8995	90,787
11	0,0059	0,0870	0,9202	92,711
12	0,0065	0,0909	0,9366	94,232
13	0,0070	0,0946	0,9496	95,435
14	0,0076	0,0982	0,9599	96,386
15	0,0081	0,1016	0,9682	97,139
16	0,0086	0,1049	0,9747	97,735
17	0,0092	0,1082	0,9799	98,206
18	0,0097	0,1113	0,9840	98,580
19	0,0103	0,1143	0,9873	98,875
20	0,0108	0,1173	0,9899	99,109
21	0,0114	0,1202	0,9920	99,294
22	0,0119	0,1230	0,9936	99,441
23	0,0124	0,1258	0,9949	99,557
24	0,0130	0,1285	0,9960	99,649

Tabel 7. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segitiga (Lanjutan)

S=	1	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0005	0,0262	0,1618	18,378
2	0,0011	0,0371	0,2974	32,347
3	0,0016	0,0454	0,4111	43,784
4	0,0022	0,0525	0,5064	53,226
5	0,0027	0,0587	0,5862	61,050
6	0,0032	0,0643	0,6532	67,546
7	0,0038	0,0694	0,7093	72,947
8	0,0043	0,0742	0,7563	77,440
9	0,0049	0,0787	0,7957	81,182
10	0,0054	0,0830	0,8288	84,300
11	0,0059	0,0870	0,8565	86,898
12	0,0065	0,0909	0,8797	89,064
13	0,0070	0,0946	0,8992	90,871
14	0,0076	0,0982	0,9155	92,378
15	0,0081	0,1016	0,9292	93,636
16	0,0086	0,1049	0,9406	94,685
17	0,0092	0,1082	0,9502	95,561
18	0,0097	0,1113	0,9583	96,292
19	0,0103	0,1143	0,9650	96,903
20	0,0108	0,1173	0,9707	97,413
21	0,0114	0,1202	0,9754	97,838
22	0,0119	0,1230	0,9794	98,194
23	0,0124	0,1258	0,9827	98,491
24	0,0130	0,1285	0,9855	98,739

S=	1,2	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0005	0,0262	0,1064	12,981
2	0,0011	0,0371	0,2014	23,105
3	0,0016	0,0454	0,2864	31,879
4	0,0022	0,0525	0,3623	39,573
5	0,0027	0,0587	0,4301	46,354
6	0,0032	0,0643	0,4907	52,345
7	0,0038	0,0694	0,5449	57,648
8	0,0043	0,0742	0,5933	62,348
9	0,0049	0,0787	0,6366	66,517
10	0,0054	0,0830	0,6752	70,216
11	0,0059	0,0870	0,7098	73,502
12	0,0065	0,0909	0,7406	76,421
13	0,0070	0,0946	0,7682	79,015
14	0,0076	0,0982	0,7929	81,321
15	0,0081	0,1016	0,8149	83,372
16	0,0086	0,1049	0,8346	85,195
17	0,0092	0,1082	0,8522	86,818
18	0,0097	0,1113	0,8679	88,262
19	0,0103	0,1143	0,8820	89,546
20	0,0108	0,1173	0,8945	90,689
21	0,0114	0,1202	0,9057	91,707
22	0,0119	0,1230	0,9158	92,613
23	0,0124	0,1258	0,9247	93,420
24	0,0130	0,1285	0,9327	94,138

S=	1,3	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0005	0,0262	0,0883	11,224
2	0,0011	0,0371	0,1689	19,969
3	0,0016	0,0454	0,2423	27,670
4	0,0022	0,0525	0,3092	34,544
5	0,0027	0,0587	0,3702	40,715
6	0,0032	0,0643	0,4258	46,273
7	0,0038	0,0694	0,4766	51,288
8	0,0043	0,0742	0,5228	55,820
9	0,0049	0,0787	0,5649	59,918
10	0,0054	0,0830	0,6034	63,627
11	0,0059	0,0870	0,6384	66,986
12	0,0065	0,0909	0,6703	70,030
13	0,0070	0,0946	0,6995	72,788
14	0,0076	0,0982	0,7260	75,290
15	0,0081	0,1016	0,7502	77,558
16	0,0086	0,1049	0,7723	79,616
17	0,0092	0,1082	0,7924	81,484
18	0,0097	0,1113	0,8107	83,179
19	0,0103	0,1143	0,8274	84,717
20	0,0108	0,1173	0,8427	86,114
21	0,0114	0,1202	0,8566	87,382
22	0,0119	0,1230	0,8692	88,533
23	0,0124	0,1258	0,8808	89,579
24	0,0130	0,1285	0,8913	90,529

Tabel 7. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segitiga (Lanjutan)

S=	1,4	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0005	0,0262	0,0743	9,861
2	0,0011	0,0371	0,1431	17,492
3	0,0016	0,0454	0,2068	24,286
4	0,0022	0,0525	0,2658	30,429
5	0,0027	0,0587	0,3203	36,021
6	0,0032	0,0643	0,3709	41,129
7	0,0038	0,0694	0,4176	45,804
8	0,0043	0,0742	0,4609	50,091
9	0,0049	0,0787	0,5010	54,025
10	0,0054	0,0830	0,5381	57,639
11	0,0059	0,0870	0,5724	60,960
12	0,0065	0,0909	0,6042	64,015
13	0,0070	0,0946	0,6336	66,826
14	0,0076	0,0982	0,6608	69,412
15	0,0081	0,1016	0,6860	71,794
16	0,0086	0,1049	0,7094	73,987
17	0,0092	0,1082	0,7310	76,008
18	0,0097	0,1113	0,7510	77,869
19	0,0103	0,1143	0,7695	79,584
20	0,0108	0,1173	0,7866	81,165
21	0,0114	0,1202	0,8025	82,622
22	0,0119	0,1230	0,8172	83,965
23	0,0124	0,1258	0,8307	85,204
24	0,0130	0,1285	0,8433	86,346

S=	1,6	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0005	0,0262	0,0544	7,923
2	0,0011	0,0371	0,1059	13,906
3	0,0016	0,0454	0,1546	19,297
4	0,0022	0,0525	0,2006	24,251
5	0,0027	0,0587	0,2441	28,842
6	0,0032	0,0643	0,2852	33,115
7	0,0038	0,0694	0,3241	37,104
8	0,0043	0,0742	0,3609	40,833
9	0,0049	0,0787	0,3957	44,325
10	0,0054	0,0830	0,4286	47,599
11	0,0059	0,0870	0,4597	50,670
12	0,0065	0,0909	0,4891	53,552
13	0,0070	0,0946	0,5169	56,259
14	0,0076	0,0982	0,5432	58,803
15	0,0081	0,1016	0,5681	61,194
16	0,0086	0,1049	0,5916	63,442
17	0,0092	0,1082	0,6138	65,557
18	0,0097	0,1113	0,6348	67,546
19	0,0103	0,1143	0,6547	69,418
20	0,0108	0,1173	0,6735	71,179
21	0,0114	0,1202	0,6913	72,837
22	0,0119	0,1230	0,7081	74,398
23	0,0124	0,1258	0,7240	75,868
24	0,0130	0,1285	0,7390	77,252

S=	1,8	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0005	0,0262	0,0413	6,649
2	0,0011	0,0371	0,0810	11,507
3	0,0016	0,0454	0,1190	15,900
4	0,0022	0,0525	0,1554	19,971
5	0,0027	0,0587	0,1903	23,781
6	0,0032	0,0643	0,2238	27,366
7	0,0038	0,0694	0,2559	30,752
8	0,0043	0,0742	0,2866	33,957
9	0,0049	0,0787	0,3161	36,995
10	0,0054	0,0830	0,3444	39,879
11	0,0059	0,0870	0,3715	42,619
12	0,0065	0,0909	0,3975	45,225
13	0,0070	0,0946	0,4224	47,704
14	0,0076	0,0982	0,4463	50,063
15	0,0081	0,1016	0,4692	52,311
16	0,0086	0,1049	0,4911	54,452
17	0,0092	0,1082	0,5122	56,492
18	0,0097	0,1113	0,5323	58,438
19	0,0103	0,1143	0,5517	60,293
20	0,0108	0,1173	0,5702	62,062
21	0,0114	0,1202	0,5880	63,750
22	0,0119	0,1230	0,6050	65,360
23	0,0124	0,1258	0,6213	66,897
24	0,0130	0,1285	0,6370	68,364

Tabel 7. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segitiga (Lanjutan)

S=	2	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0005	0,0262	0,0323	5,772
2	0,0011	0,0371	0,0636	9,837
3	0,0016	0,0454	0,0939	13,508
4	0,0022	0,0525	0,1232	16,921
5	0,0027	0,0587	0,1516	20,133
6	0,0032	0,0643	0,1790	23,175
7	0,0038	0,0694	0,2055	26,068
8	0,0043	0,0742	0,2312	28,827
9	0,0049	0,0787	0,2561	31,463
10	0,0054	0,0830	0,2801	33,986
11	0,0059	0,0870	0,3034	36,403
12	0,0065	0,0909	0,3259	38,720
13	0,0070	0,0946	0,3477	40,944
14	0,0076	0,0982	0,3688	43,079
15	0,0081	0,1016	0,3892	45,130
16	0,0086	0,1049	0,4090	47,101
17	0,0092	0,1082	0,4281	48,996
18	0,0097	0,1113	0,4466	50,819
19	0,0103	0,1143	0,4645	52,573
20	0,0108	0,1173	0,4818	54,260
21	0,0114	0,1202	0,4986	55,884
22	0,0119	0,1230	0,5148	57,448
23	0,0124	0,1258	0,5305	58,954
24	0,0130	0,1285	0,5457	60,404

Tabel 8. Hasil Perhitungan Faktor Hambatan (Fn)
dengan PVD Pola Segiempat

S (m)	D (cm)	n	F(n)
0,8	90,4	14	1,863
0,9	101,7	15	1,980
1	113	17	2,084
1,2	135,6	20	2,265
1,4	158,2	24	2,418
1,6	180,8	27	2,551
1,8	203,4	30	2,668
2	226	34	2,773

Tabel 9. Hasil Perhitungan Derajat
Konsolidasi dengan PVD Pola Segempat

S=	0,8	m			S=	0,9	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0.0005	0.0262	0.2266	24,693	1	0.0005	0.0262	0.1740	19,565
2	0.0011	0.0371	0.4019	42,411	2	0.0011	0.0371	0.3177	34,300
3	0.0016	0.0454	0.5375	55,849	3	0.0016	0.0454	0.4364	46,200
4	0.0022	0.0525	0.6423	66,107	4	0.0022	0.0525	0.5344	55,887
5	0.0027	0.0587	0.7234	73,960	5	0.0027	0.0587	0.6154	63,800
6	0.0032	0.0643	0.7861	79,982	6	0.0032	0.0643	0.6823	70,276
7	0.0038	0.0694	0.8346	84,604	7	0.0038	0.0694	0.7376	75,582
8	0.0043	0.0742	0.8721	88,155	8	0.0043	0.0742	0.7833	79,934
9	0.0049	0.0787	0.9011	90,884	9	0.0049	0.0787	0.8210	83,506
10	0.0054	0.0830	0.9235	92,983	10	0.0054	0.0830	0.8521	86,438
11	0.0059	0.0870	0.9408	94,597	11	0.0059	0.0870	0.8778	88,847
12	0.0065	0.0909	0.9542	95,839	12	0.0065	0.0909	0.8991	90,827
13	0.0070	0.0946	0.9646	96,795	13	0.0070	0.0946	0.9167	92,453
14	0.0076	0.0982	0.9726	97,531	14	0.0076	0.0982	0.9312	93,791
15	0.0081	0.1016	0.9788	98,098	15	0.0081	0.1016	0.9431	94,891
16	0.0086	0.1049	0.9836	98,535	16	0.0086	0.1049	0.9530	95,795
17	0.0092	0.1082	0.9873	98,871	17	0.0092	0.1082	0.9612	96,539
18	0.0097	0.1113	0.9902	99,130	18	0.0097	0.1113	0.9679	97,151
19	0.0103	0.1143	0.9924	99,329	19	0.0103	0.1143	0.9735	97,655
20	0.0108	0.1173	0.9941	99,483	20	0.0108	0.1173	0.9781	98,070
21	0.0114	0.1202	0.9955	99,602	21	0.0114	0.1202	0.9819	98,411
22	0.0119	0.1230	0.9965	99,693	22	0.0119	0.1230	0.9851	98,691
23	0.0124	0.1258	0.9973	99,763	23	0.0124	0.1258	0.9877	98,922
24	0.0130	0.1285	0.9979	99,817	24	0.0130	0.1285	0.9898	99,113

Tabel 9. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segiempat (Lanjutan)

S=	l	m			S=	l,2	m			S=	l,4	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0005	0,0262	0,1368	15,941	1	0,0005	0,0262	0,0897	11,358	1	0,0005	0,0262	0,0626	8,722
2	0,0011	0,0371	0,2548	28,247	2	0,0011	0,0371	0,1713	20,209	2	0,0011	0,0371	0,1213	15,393
3	0,0016	0,0454	0,3567	38,597	3	0,0016	0,0454	0,2457	27,995	3	0,0016	0,0454	0,1764	21,378
4	0,0022	0,0525	0,4447	47,385	4	0,0022	0,0525	0,3133	34,936	4	0,0022	0,0525	0,2279	26,844
5	0,0027	0,0587	0,5207	54,878	5	0,0027	0,0587	0,3749	41,159	5	0,0027	0,0587	0,2763	31,874
6	0,0032	0,0643	0,5862	61,280	6	0,0032	0,0643	0,4310	46,756	6	0,0032	0,0643	0,3216	36,520
7	0,0038	0,0694	0,6428	66,760	7	0,0038	0,0694	0,4820	51,798	7	0,0038	0,0694	0,3641	40,823
8	0,0043	0,0742	0,6917	71,454	8	0,0043	0,0742	0,5285	56,348	8	0,0043	0,0742	0,4039	44,815
9	0,0049	0,0787	0,7338	75,478	9	0,0049	0,0787	0,5708	60,456	9	0,0049	0,0787	0,4412	48,522
10	0,0054	0,0830	0,7702	78,929	10	0,0054	0,0830	0,6093	64,170	10	0,0054	0,0830	0,4762	51,969
11	0,0059	0,0870	0,8017	81,891	11	0,0059	0,0870	0,6443	67,528	11	0,0059	0,0870	0,5090	55,176
12	0,0065	0,0909	0,8288	84,434	12	0,0065	0,0909	0,6762	70,565	12	0,0065	0,0909	0,5398	58,161
13	0,0070	0,0946	0,8522	86,618	13	0,0070	0,0946	0,7053	73,315	13	0,0070	0,0946	0,5686	60,941
14	0,0076	0,0982	0,8724	88,494	14	0,0076	0,0982	0,7317	75,804	14	0,0076	0,0982	0,5956	63,532
15	0,0081	0,1016	0,8899	90,105	15	0,0081	0,1016	0,7558	78,059	15	0,0081	0,1016	0,6209	65,946
16	0,0086	0,1049	0,9049	91,490	16	0,0086	0,1049	0,7777	80,101	16	0,0086	0,1049	0,6447	68,197
17	0,0092	0,1082	0,9179	92,681	17	0,0092	0,1082	0,7976	81,951	17	0,0092	0,1082	0,6669	70,296
18	0,0097	0,1113	0,9292	93,704	18	0,0097	0,1113	0,8158	83,628	18	0,0097	0,1113	0,6878	72,254
19	0,0103	0,1143	0,9388	94,584	19	0,0103	0,1143	0,8323	85,148	19	0,0103	0,1143	0,7073	74,081
20	0,0108	0,1173	0,9472	95,340	20	0,0108	0,1173	0,8473	86,525	20	0,0108	0,1173	0,7257	75,786
21	0,0114	0,1202	0,9544	95,991	21	0,0114	0,1202	0,8610	87,774	21	0,0114	0,1202	0,7429	77,377
22	0,0119	0,1230	0,9607	96,550	22	0,0119	0,1230	0,8735	88,906	22	0,0119	0,1230	0,7590	78,862
23	0,0124	0,1258	0,9660	97,031	23	0,0124	0,1258	0,8848	89,933	23	0,0124	0,1258	0,7741	80,248
24	0,0130	0,1285	0,9707	97,445	24	0,0130	0,1285	0,8952	90,865	24	0,0130	0,1285	0,7882	81,542

Tabel 9. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segiempat (Lanjutan)

S=	1,6	m			S=	1,8	m			S=	2	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0005	0,0262	0,0459	7,088	1	0,0005	0,0262	0,0348	6,015	1	0,0005	0,0262	0,0273	5,277
2	0,0011	0,0371	0,0896	12,338	2	0,0011	0,0371	0,0685	10,302	2	0,0011	0,0371	0,0538	8,887
3	0,0016	0,0454	0,1313	17,081	3	0,0016	0,0454	0,1009	14,176	3	0,0016	0,0454	0,0796	12,138
4	0,0022	0,0525	0,1712	21,466	4	0,0022	0,0525	0,1322	17,775	4	0,0022	0,0525	0,1046	15,162
5	0,0027	0,0587	0,2092	25,557	5	0,0027	0,0587	0,1625	21,158	5	0,0027	0,0587	0,1290	18,013
6	0,0032	0,0643	0,2454	29,393	6	0,0032	0,0643	0,1916	24,357	6	0,0032	0,0643	0,1528	20,722
7	0,0038	0,0694	0,2800	33,001	7	0,0038	0,0694	0,2198	27,394	7	0,0038	0,0694	0,1759	23,307
8	0,0043	0,0742	0,3130	36,402	8	0,0043	0,0742	0,2470	30,284	8	0,0043	0,0742	0,1983	25,781
9	0,0049	0,0787	0,3445	39,613	9	0,0049	0,0787	0,2732	33,040	9	0,0049	0,0787	0,2202	28,155
10	0,0054	0,0830	0,3746	42,648	10	0,0054	0,0830	0,2985	35,671	10	0,0054	0,0830	0,2414	30,436
11	0,0059	0,0870	0,4033	45,520	11	0,0059	0,0870	0,3230	38,186	11	0,0059	0,0870	0,2621	32,631
12	0,0065	0,0909	0,4306	48,238	12	0,0065	0,0909	0,3465	40,592	12	0,0065	0,0909	0,2822	34,744
13	0,0070	0,0946	0,4567	50,813	13	0,0070	0,0946	0,3693	42,896	13	0,0070	0,0946	0,3018	36,782
14	0,0076	0,0982	0,4817	53,253	14	0,0076	0,0982	0,3913	45,102	14	0,0076	0,0982	0,3208	38,747
15	0,0081	0,1016	0,5054	55,567	15	0,0081	0,1016	0,4125	47,217	15	0,0081	0,1016	0,3393	40,644
16	0,0086	0,1049	0,5281	57,762	16	0,0086	0,1049	0,4329	49,245	16	0,0086	0,1049	0,3573	42,476
17	0,0092	0,1082	0,5497	59,844	17	0,0092	0,1082	0,4527	51,189	17	0,0092	0,1082	0,3748	44,246
18	0,0097	0,1113	0,5704	61,820	18	0,0097	0,1113	0,4718	53,055	18	0,0097	0,1113	0,3919	45,956
19	0,0103	0,1143	0,5901	63,695	19	0,0103	0,1143	0,4902	54,846	19	0,0103	0,1143	0,4085	47,609
20	0,0108	0,1173	0,6089	65,476	20	0,0108	0,1173	0,5079	56,565	20	0,0108	0,1173	0,4246	49,208
21	0,0114	0,1202	0,6268	67,167	21	0,0114	0,1202	0,5251	58,216	21	0,0114	0,1202	0,4403	50,755
22	0,0119	0,1230	0,6439	68,774	22	0,0119	0,1230	0,5416	59,801	22	0,0119	0,1230	0,4555	52,251
23	0,0124	0,1258	0,6602	70,299	23	0,0124	0,1258	0,5576	61,324	23	0,0124	0,1258	0,4704	53,699
24	0,0130	0,1285	0,6758	71,749	24	0,0130	0,1285	0,5730	62,787	24	0,0130	0,1285	0,4848	55,100

Hdr = 5,2 m

Tabel 10. Hasil Perhitungan Faktor Hambatan (Fn) dengan PVD Pola Segitiga

S (m)	D (cm)	n	F(n)
0,8	84,0	13	1,791
0,9	94,5	14	1,907
1	105,0	16	2,011
1,2	126,0	19	2,192
1,3	136,5	20	2,271
1,4	147	22	2,345
1,6	168	25	2,478
1,8	189	28	2,595
2	210	31	2,700

Tabel 11. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segitiga

S=	0,8	m				S=	0,9	m			
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)		
1	0.0022	0.0525	0.2876	32.494	1	0.0022	0.0525	0.2224	26.321		
2	0.0043	0.0742	0.4924	53.009	2	0.0043	0.0742	0.3954	44.022		
3	0.0065	0.0909	0.6384	67.125	3	0.0065	0.0909	0.5298	57.257		
4	0.0086	0.1049	0.7424	76.941	4	0.0086	0.1049	0.6344	67.277		
5	0.0108	0.1173	0.8165	83.799	5	0.0108	0.1173	0.7157	74.907		
6	0.0130	0.1285	0.8692	88.604	6	0.0130	0.1285	0.7790	80.736		
7	0.0151	0.1388	0.9068	91.977	7	0.0151	0.1388	0.8281	85.197		
8	0.0173	0.1484	0.9336	94.348	8	0.0173	0.1484	0.8663	88.618		
9	0.0195	0.1574	0.9527	96.016	9	0.0195	0.1574	0.8961	91.243		
10	0.0216	0.1659	0.9663	97.190	10	0.0216	0.1659	0.9192	93.259		
11	0.0238	0.1740	0.9760	98.018	11	0.0238	0.1740	0.9372	94.810		
12	0.0259	0.1817	0.9829	98.601	12	0.0259	0.1817	0.9511	96.002		
13	0.0281	0.1892	0.9878	99.012	13	0.0281	0.1892	0.9620	96.919		
14	0.0303	0.1963	0.9913	99.302	14	0.0303	0.1963	0.9705	97.626		
15	0.0324	0.2032	0.9938	99.507	15	0.0324	0.2032	0.9770	98.169		
16	0.0346	0.2099	0.9956	99.652	16	0.0346	0.2099	0.9821	98.589		
17	0.0368	0.2163	0.9969	99.754	17	0.0368	0.2163	0.9861	98.911		
18	0.0389	0.2226	0.9978	99.826	18	0.0389	0.2226	0.9892	99.160		
19	0.0411	0.2287	0.9984	99.877	19	0.0411	0.2287	0.9916	99.352		
20	0.0432	0.2346	0.9989	99.913	20	0.0432	0.2346	0.9935	99.500		
21	0.0454	0.2404	0.9992	99.939	21	0.0454	0.2404	0.9949	99.614		
22	0.0476	0.2461	0.9994	99.957	22	0.0476	0.2461	0.9961	99.702		
23	0.0497	0.2516	0.9996	99.969	23	0.0497	0.2516	0.9969	99.770		
24	0.0519	0.2570	0.9997	99.978	24	0.0519	0.2570	0.9976	99.823		

Tabel 11. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segitiga (Lanjutan)

S=	l	m			S=	l,2	m			S=	l,3	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0022	0,0525	0,1757	21,894	1	0,0022	0,0525	0,1158	16,223	1	0,0022	0,0525	0,0963	14,369
2	0,0043	0,0742	0,3205	37,093	2	0,0043	0,0742	0,2183	27,626	2	0,0043	0,0742	0,1833	24,389
3	0,0065	0,0909	0,4399	49,079	3	0,0065	0,0909	0,3088	37,162	3	0,0065	0,0909	0,2619	32,899
4	0,0086	0,1049	0,5383	58,674	4	0,0086	0,1049	0,3889	45,300	4	0,0086	0,1049	0,3330	40,297
5	0,0108	0,1173	0,6194	66,406	5	0,0108	0,1173	0,4597	52,306	5	0,0108	0,1173	0,3972	46,792
6	0,0130	0,1285	0,6863	72,659	6	0,0130	0,1285	0,5223	58,365	6	0,0130	0,1285	0,4552	52,525
7	0,0151	0,1388	0,7414	77,729	7	0,0151	0,1388	0,5776	63,623	7	0,0151	0,1388	0,5077	57,602
8	0,0173	0,1484	0,7868	81,846	8	0,0173	0,1484	0,6265	68,195	8	0,0173	0,1484	0,5551	62,111
9	0,0195	0,1574	0,8243	85,194	9	0,0195	0,1574	0,6698	72,176	9	0,0195	0,1574	0,5979	66,121
10	0,0216	0,1659	0,8552	87,918	10	0,0216	0,1659	0,7080	75,648	10	0,0216	0,1659	0,6366	69,692
11	0,0238	0,1740	0,8806	90,138	11	0,0238	0,1740	0,7419	78,678	11	0,0238	0,1740	0,6716	72,876
12	0,0259	0,1817	0,9016	91,947	12	0,0259	0,1817	0,7718	81,324	12	0,0259	0,1817	0,7032	75,717
13	0,0281	0,1892	0,9189	93,422	13	0,0281	0,1892	0,7982	83,637	13	0,0281	0,1892	0,7318	78,254
14	0,0303	0,1963	0,9331	94,625	14	0,0303	0,1963	0,8216	85,660	14	0,0303	0,1963	0,7576	80,521
15	0,0324	0,2032	0,9449	95,607	15	0,0324	0,2032	0,8422	87,430	15	0,0324	0,2032	0,7810	82,547
16	0,0346	0,2099	0,9546	96,409	16	0,0346	0,2099	0,8605	88,979	16	0,0346	0,2099	0,8020	84,359
17	0,0368	0,2163	0,9625	97,064	17	0,0368	0,2163	0,8767	90,335	17	0,0368	0,2163	0,8211	85,981
18	0,0389	0,2226	0,9691	97,600	18	0,0389	0,2226	0,8910	91,523	18	0,0389	0,2226	0,8383	87,432
19	0,0411	0,2287	0,9745	98,037	19	0,0411	0,2287	0,9036	92,564	19	0,0411	0,2287	0,8539	88,731
20	0,0432	0,2346	0,9790	98,394	20	0,0432	0,2346	0,9148	93,476	20	0,0432	0,2346	0,8680	89,894
21	0,0454	0,2404	0,9827	98,686	21	0,0454	0,2404	0,9246	94,275	21	0,0454	0,2404	0,8807	90,936
22	0,0476	0,2461	0,9857	98,925	22	0,0476	0,2461	0,9334	94,976	22	0,0476	0,2461	0,8922	91,870
23	0,0497	0,2516	0,9882	99,121	23	0,0497	0,2516	0,9411	95,591	23	0,0497	0,2516	0,9025	92,707
24	0,0519	0,2570	0,9903	99,280	24	0,0519	0,2570	0,9479	96,130	24	0,0519	0,2570	0,9119	93,457

Tabel 11. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segitiga (Lanjutan)

S=	1,4	m			S=	1,6	m			S=	1,8	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0022	0,0525	0,0811	12,929	1	0,0022	0,0525	0,0594	10,877	1	0,0022	0,0525	0,0452	9,526
2	0,0043	0,0742	0,1556	21,823	2	0,0043	0,0742	0,1153	18,096	2	0,0043	0,0742	0,0883	15,594
3	0,0065	0,0909	0,2240	29,455	3	0,0065	0,0909	0,1679	24,351	3	0,0065	0,0909	0,1295	20,859
4	0,0086	0,1049	0,2869	36,177	4	0,0086	0,1049	0,2173	29,947	4	0,0086	0,1049	0,1688	25,602
5	0,0108	0,1173	0,3448	42,163	5	0,0108	0,1173	0,2639	35,022	5	0,0108	0,1173	0,2063	29,945
6	0,0130	0,1285	0,3979	47,526	6	0,0130	0,1285	0,3076	39,658	6	0,0130	0,1285	0,2422	33,958
7	0,0151	0,1388	0,4467	52,350	7	0,0151	0,1388	0,3487	43,915	7	0,0151	0,1388	0,2764	37,686
8	0,0173	0,1484	0,4916	56,700	8	0,0173	0,1484	0,3874	47,835	8	0,0173	0,1484	0,3091	41,163
9	0,0195	0,1574	0,5328	60,631	9	0,0195	0,1574	0,4238	51,453	9	0,0195	0,1574	0,3403	44,414
10	0,0216	0,1659	0,5707	64,189	10	0,0216	0,1659	0,4581	54,800	10	0,0216	0,1659	0,3701	47,462
11	0,0238	0,1740	0,6055	67,411	11	0,0238	0,1740	0,4903	57,899	11	0,0238	0,1740	0,3986	50,322
12	0,0259	0,1817	0,6374	70,334	12	0,0259	0,1817	0,5206	60,771	12	0,0259	0,1817	0,4257	53,010
13	0,0281	0,1892	0,6668	72,986	13	0,0281	0,1892	0,5491	63,437	13	0,0281	0,1892	0,4517	55,539
14	0,0303	0,1963	0,6939	75,395	14	0,0303	0,1963	0,5759	65,913	14	0,0303	0,1963	0,4764	57,921
15	0,0324	0,2032	0,7187	77,584	15	0,0324	0,2032	0,6011	68,213	15	0,0324	0,2032	0,5001	60,167
16	0,0346	0,2099	0,7415	79,573	16	0,0346	0,2099	0,6248	70,352	16	0,0346	0,2099	0,5227	62,284
17	0,0368	0,2163	0,7624	81,383	17	0,0368	0,2163	0,6471	72,342	17	0,0368	0,2163	0,5442	64,282
18	0,0389	0,2226	0,7817	83,029	18	0,0389	0,2226	0,6681	74,194	18	0,0389	0,2226	0,5648	66,168
19	0,0411	0,2287	0,7994	84,527	19	0,0411	0,2287	0,6878	75,918	19	0,0411	0,2287	0,5845	67,950
20	0,0432	0,2346	0,8157	85,891	20	0,0432	0,2346	0,7063	77,524	20	0,0432	0,2346	0,6032	69,633
21	0,0454	0,2404	0,8306	87,133	21	0,0454	0,2404	0,7238	79,019	21	0,0454	0,2404	0,6212	71,224
22	0,0476	0,2461	0,8443	88,265	22	0,0476	0,2461	0,7402	80,413	22	0,0476	0,2461	0,6383	72,729
23	0,0497	0,2516	0,8570	89,295	23	0,0497	0,2516	0,7556	81,712	23	0,0497	0,2516	0,6546	74,152
24	0,0519	0,2570	0,8686	90,234	24	0,0519	0,2570	0,7702	82,923	24	0,0519	0,2570	0,6702	75,498

Tabel 11. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segitiga (Lanjutan)

S=	2	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0022	0,0525	0,0353	8,596
2	0,0043	0,0742	0,0694	13,849
3	0,0065	0,0909	0,1023	18,390
4	0,0086	0,1049	0,1341	22,492
5	0,0108	0,1173	0,1647	26,266
6	0,0130	0,1285	0,1942	29,775
7	0,0151	0,1388	0,2227	33,057
8	0,0173	0,1484	0,2501	36,142
9	0,0195	0,1574	0,2766	39,050
10	0,0216	0,1659	0,3022	41,798
11	0,0238	0,1740	0,3269	44,401
12	0,0259	0,1817	0,3507	46,868
13	0,0281	0,1892	0,3736	49,211
14	0,0303	0,1963	0,3958	51,437
15	0,0324	0,2032	0,4171	53,555
16	0,0346	0,2099	0,4377	55,572
17	0,0368	0,2163	0,4576	57,492
18	0,0389	0,2226	0,4768	59,323
19	0,0411	0,2287	0,4953	61,069
20	0,0432	0,2346	0,5131	62,734
21	0,0454	0,2404	0,5303	64,323

Tabel 12. Hasil Perhitungan Faktor Hambatan (Fn)
dengan PVD Pola Segiempat

S (m)	D (cm)	n	F(n)
0,8	90,4	14	1,863
0,9	101,7	15	1,980
1	113	17	2,084
1,2	135,6	20	2,265
1,4	158,2	24	2,418
1,6	180,8	27	2,551
1,8	203,4	30	2,668
2	226	34	2,773

Tabel 13. Hasil Perhitungan Derajat
Konsolidasi dengan PVD Pola Segempat

S=	0,8	m			
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	
1	0,0022	0,0525	0,2452	28,484	
2	0,0043	0,0742	0,4303	47,261	
3	0,0065	0,0909	0,5701	60,912	
4	0,0086	0,1049	0,6755	70,955	
5	0,0108	0,1173	0,7551	78,381	
6	0,0130	0,1285	0,8151	83,890	
7	0,0151	0,1388	0,8605	87,985	
8	0,0173	0,1484	0,8947	91,032	
9	0,0195	0,1574	0,9205	93,303	
10	0,0216	0,1659	0,9400	94,997	
11	0,0238	0,1740	0,9547	96,260	
12	0,0259	0,1817	0,9658	97,204	
13	0,0281	0,1892	0,9742	97,909	
14	0,0303	0,1963	0,9805	98,436	
15	0,0324	0,2032	0,9853	98,829	
16	0,0346	0,2099	0,9889	99,124	
17	0,0368	0,2163	0,9916	99,344	
18	0,0389	0,2226	0,9937	99,509	
19	0,0411	0,2287	0,9952	99,632	
20	0,0432	0,2346	0,9964	99,725	
21	0,0454	0,2404	0,9973	99,794	
22	0,0476	0,2461	0,9980	99,845	
23	0,0497	0,2516	0,9985	99,884	
24	0,0519	0,2570	0,9988	99,913	

S=	0,9	m			
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	
1	0,0022	0,0525	0,1888	23,136	
2	0,0043	0,0742	0,3419	39,078	
3	0,0065	0,0909	0,4662	51,470	
4	0,0086	0,1049	0,5670	61,241	
5	0,0108	0,1173	0,6487	68,993	
6	0,0130	0,1285	0,7150	75,166	
7	0,0151	0,1388	0,7688	80,093	
8	0,0173	0,1484	0,8125	84,031	
9	0,0195	0,1574	0,8479	87,183	
10	0,0216	0,1659	0,8766	89,708	
11	0,0238	0,1740	0,8999	91,732	
12	0,0259	0,1817	0,9188	93,356	
13	0,0281	0,1892	0,9341	94,659	
14	0,0303	0,1963	0,9466	95,706	
15	0,0324	0,2032	0,9567	96,546	
16	0,0346	0,2099	0,9648	97,222	
17	0,0368	0,2163	0,9715	97,765	
18	0,0389	0,2226	0,9769	98,201	
19	0,0411	0,2287	0,9812	98,552	
20	0,0432	0,2346	0,9848	98,835	
21	0,0454	0,2404	0,9876	99,062	
22	0,0476	0,2461	0,9900	99,245	
23	0,0497	0,2516	0,9919	99,392	
24	0,0519	0,2570	0,9934	99,510	

Tabel 13. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segiempat (Lanjutan)

S=	1	m			S=	1,2	m			S=	1,4	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0022	0,0525	0,1487	19,337	1	0,0022	0,0525	0,0978	14,510	1	0,0022	0,0525	0,0684	11,723
2	0,0043	0,0742	0,2753	32,907	2	0,0043	0,0742	0,1860	24,637	2	0,0043	0,0742	0,1320	19,643
3	0,0065	0,0909	0,3831	43,913	3	0,0065	0,0909	0,2656	33,230	3	0,0065	0,0909	0,1914	26,484
4	0,0086	0,1049	0,4748	52,992	4	0,0086	0,1049	0,3374	40,689	4	0,0086	0,1049	0,2466	32,568
5	0,0108	0,1173	0,5529	60,536	5	0,0108	0,1173	0,4021	47,228	5	0,0108	0,1173	0,2981	38,046
6	0,0130	0,1285	0,6194	66,831	6	0,0130	0,1285	0,4606	52,991	6	0,0130	0,1285	0,3461	43,013
7	0,0151	0,1388	0,6760	72,097	7	0,0151	0,1388	0,5133	58,088	7	0,0151	0,1388	0,3908	47,535
8	0,0173	0,1484	0,7242	76,511	8	0,0173	0,1484	0,5609	62,606	8	0,0173	0,1484	0,4324	51,665
9	0,0195	0,1574	0,7652	80,215	9	0,0195	0,1574	0,6038	66,619	9	0,0195	0,1574	0,4712	55,445
10	0,0216	0,1659	0,8001	83,327	10	0,0216	0,1659	0,6426	70,187	10	0,0216	0,1659	0,5074	58,910
11	0,0238	0,1740	0,8298	85,945	11	0,0238	0,1740	0,6775	73,362	11	0,0238	0,1740	0,5410	62,090
12	0,0259	0,1817	0,8551	88,147	12	0,0259	0,1817	0,7090	76,192	12	0,0259	0,1817	0,5724	65,012
13	0,0281	0,1892	0,8767	90,001	13	0,0281	0,1892	0,7375	78,714	13	0,0281	0,1892	0,6016	67,699
14	0,0303	0,1963	0,8950	91,563	14	0,0303	0,1963	0,7631	80,964	14	0,0303	0,1963	0,6289	70,172
15	0,0324	0,2032	0,9106	92,879	15	0,0324	0,2032	0,7863	82,973	15	0,0324	0,2032	0,6542	72,449
16	0,0346	0,2099	0,9239	93,989	16	0,0346	0,2099	0,8072	84,766	16	0,0346	0,2099	0,6779	74,547
17	0,0368	0,2163	0,9352	94,924	17	0,0368	0,2163	0,8260	86,367	17	0,0368	0,2163	0,6999	76,480
18	0,0389	0,2226	0,9449	95,714	18	0,0389	0,2226	0,8431	87,799	18	0,0389	0,2226	0,7204	78,263
19	0,0411	0,2287	0,9531	96,380	19	0,0411	0,2287	0,8584	89,078	19	0,0411	0,2287	0,7395	79,908
20	0,0432	0,2346	0,9600	96,942	20	0,0432	0,2346	0,8722	90,222	20	0,0432	0,2346	0,7573	81,425
21	0,0454	0,2404	0,9660	97,416	21	0,0454	0,2404	0,8847	91,244	21	0,0454	0,2404	0,7739	82,826
22	0,0476	0,2461	0,9710	97,817	22	0,0476	0,2461	0,8960	92,159	22	0,0476	0,2461	0,7894	84,119
23	0,0497	0,2516	0,9753	98,155	23	0,0497	0,2516	0,9062	92,978	23	0,0497	0,2516	0,8037	85,313
24	0,0519	0,2570	0,9790	98,441	24	0,0519	0,2570	0,9153	93,710	24	0,0519	0,2570	0,8172	86,416

Tabel 13. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan PVD Pola Segiempat (Lanjutan)

S=	1,6	m			S=	1,8	m			S=	2	m		
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)	t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Uratarata (%)
1	0,0022	0,0525	0,0501	9,992	1	0,0022	0,0525	0,0381	8,854	1	0,0022	0,0525	0,0298	8,070
2	0,0043	0,0742	0,0977	16,461	2	0,0043	0,0742	0,0747	14,335	2	0,0043	0,0742	0,0587	12,855
3	0,0065	0,0909	0,1429	22,075	3	0,0065	0,0909	0,1099	19,080	3	0,0065	0,0909	0,0868	16,974
4	0,0086	0,1049	0,1858	27,122	4	0,0086	0,1049	0,1438	23,365	4	0,0086	0,1049	0,1140	20,694
5	0,0108	0,1173	0,2266	31,730	5	0,0108	0,1173	0,1764	27,302	5	0,0108	0,1173	0,1404	24,122
6	0,0130	0,1285	0,2653	35,972	6	0,0130	0,1285	0,2078	30,957	6	0,0130	0,1285	0,1660	27,316
7	0,0151	0,1388	0,3021	39,898	7	0,0151	0,1388	0,2379	34,370	7	0,0151	0,1388	0,1908	30,315
8	0,0173	0,1484	0,3371	43,543	8	0,0173	0,1484	0,2669	37,572	8	0,0173	0,1484	0,2149	33,144
9	0,0195	0,1574	0,3703	46,938	9	0,0195	0,1574	0,2948	40,583	9	0,0195	0,1574	0,2383	35,822
10	0,0216	0,1659	0,4018	50,105	10	0,0216	0,1659	0,3217	43,423	10	0,0216	0,1659	0,2610	38,363
11	0,0238	0,1740	0,4318	53,064	11	0,0238	0,1740	0,3475	46,105	11	0,0238	0,1740	0,2830	40,780
12	0,0259	0,1817	0,4602	55,832	12	0,0259	0,1817	0,3724	48,642	12	0,0259	0,1817	0,3044	43,083
13	0,0281	0,1892	0,4873	58,425	13	0,0281	0,1892	0,3962	51,046	13	0,0281	0,1892	0,3251	45,280
14	0,0303	0,1963	0,5129	60,855	14	0,0303	0,1963	0,4192	53,324	14	0,0303	0,1963	0,3452	47,378
15	0,0324	0,2032	0,5373	63,134	15	0,0324	0,2032	0,4413	55,486	15	0,0324	0,2032	0,3648	49,384
16	0,0346	0,2099	0,5605	65,274	16	0,0346	0,2099	0,4626	57,539	16	0,0346	0,2099	0,3837	51,303
17	0,0368	0,2163	0,5825	67,283	17	0,0368	0,2163	0,4831	59,489	17	0,0368	0,2163	0,4020	53,140
18	0,0389	0,2226	0,6034	69,170	18	0,0389	0,2226	0,5027	61,343	18	0,0389	0,2226	0,4199	54,900
19	0,0411	0,2287	0,6233	70,944	19	0,0411	0,2287	0,5217	63,107	19	0,0411	0,2287	0,4372	56,587
20	0,0432	0,2346	0,6422	72,612	20	0,0432	0,2346	0,5399	64,785	20	0,0432	0,2346	0,4539	58,205
21	0,0454	0,2404	0,6601	74,180	21	0,0454	0,2404	0,5574	66,382	21	0,0454	0,2404	0,4702	59,757
22	0,0476	0,2461	0,6771	75,656	22	0,0476	0,2461	0,5743	67,903	22	0,0476	0,2461	0,4860	61,247
23	0,0497	0,2516	0,6933	77,045	23	0,0497	0,2516	0,5905	69,351	23	0,0497	0,2516	0,5013	62,678
24	0,0519	0,2570	0,7086	78,353	24	0,0519	0,2570	0,6061	70,731	24	0,0519	0,2570	0,5162	64,052

LAMPIRAN 7

PEMAMPATAN KONSOLIDASI DAN PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH AKIBAT TIMBUNAN BERTAHAP

H oprit = 8 m

Tabel 1. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap

Pemadatan ke 1				H timbunan =		0,500	m	
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	0,5	5,500	=	11,000	=	0,250	0,500	0,450
1-2	1,5	5,500	=	3,667	=	0,245	0,490	0,441
2-3	2,5	5,500	=	2,200	=	0,240	0,480	0,432
3-4	3,5	5,500	=	1,571	=	0,225	0,450	0,405
4-5	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410	0,369
5-6	5,5	5,500	=	1,000	=	0,190	0,380	0,342
6-7	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
7-8	7,5	5,500	=	0,733	=	0,160	0,320	0,288
8-9	8,5	5,500	=	0,647	=	0,145	0,290	0,261
9-10	9,5	5,500	=	0,579	=	0,130	0,260	0,234
10-11	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
11-12	11,5	5,500	=	0,478	=	0,110	0,220	0,198
12-13	12,5	5,500	=	0,440	=	0,105	0,210	0,189
13-14	13,5	5,500	=	0,407	=	0,095	0,190	0,171
14-15	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166
15-16	15,5	5,500	=	0,355	=	0,090	0,180	0,162

Pemadatan ke 2				H timbunan =		0,500	m	
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	1,0	5,500	=	5,500	=	0,250	0,500	0,450
1-2	2,0	5,500	=	2,750	=	0,245	0,490	0,441
2-3	3,0	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414
3-4	4,0	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378
4-5	5,0	5,500	=	1,100	=	0,200	0,400	0,360
5-6	6,0	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
6-7	7,0	5,500	=	0,786	=	0,165	0,330	0,297
7-8	8,0	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
8-9	9,0	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
9-10	10,0	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260	0,234
10-11	11,0	5,500	=	0,500	=	0,120	0,240	0,216
11-12	12,0	5,500	=	0,458	=	0,115	0,230	0,207
12-13	13,0	5,500	=	0,423	=	0,105	0,210	0,189
13-14	14,0	5,500	=	0,393	=	0,095	0,190	0,171
14-15	15,0	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
15-16	16,0	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158

Pemadatan ke 3				H timbunan =		0,500	m	
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	1,5	5,500	=	3,67	=	0,248	0,496	0,446
1-2	2,5	5,500	=	2,20	=	0,238	0,476	0,428
2-3	3,5	5,500	=	1,57	=	0,222	0,444	0,400
3-4	4,5	5,500	=	1,22	=	0,205	0,41	0,369
4-5	5,5	5,500	=	1,00	=	0,19	0,38	0,342
5-6	6,5	5,500	=	0,85	=	0,17	0,34	0,306
6-7	7,5	5,500	=	0,73	=	0,158	0,316	0,284
7-8	8,5	5,500	=	0,65	=	0,145	0,29	0,261
8-9	9,5	5,500	=	0,58	=	0,135	0,27	0,243
9-10	10,5	5,500	=	0,52	=	0,122	0,244	0,220
10-11	11,5	5,500	=	0,48	=	0,115	0,23	0,207
11-12	12,5	5,500	=	0,44	=	0,105	0,21	0,189
12-13	13,5	5,500	=	0,41	=	0,1	0,2	0,180
13-14	14,5	5,500	=	0,38	=	0,095	0,19	0,171
14-15	15,5	5,500	=	0,35	=	0,088	0,176	0,158
15-16	16,5	5,500	=	0,33	=	0,085	0,17	0,153

Tabel 1. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 4				H timbunan =		0,500	m	
akibat timbunan				Q =	0,9	t/m		
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	2,0	5,500	=	2,750	=	0,242	0,484	0,436
1-2	3	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414
2-3	4	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378
3-4	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
4-5	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
5-6	7	5,500	=	0,786	=	0,165	0,330	0,297
6-7	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
7-8	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
8-9	10	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260	0,234
9-10	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212
10-11	12	5,500	=	0,458	=	0,110	0,220	0,198
11-12	13	5,500	=	0,423	=	0,105	0,210	0,189
12-13	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
13-14	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
14-15	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
15-16	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144

Pemadatan ke 5				H timbunan =		0,500	m	
akibat timbunan				Q =	0,9	t/m		
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	2,5	5,500	=	2,200	=	0,238	0,476	0,428
1-2	3,5	5,500	=	1,571	=	0,221	0,442	0,398
2-3	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410	0,369
3-4	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376	0,338
4-5	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
5-6	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
6-7	8,5	5,500	=	0,647	=	0,148	0,296	0,266
7-8	9,5	5,500	=	0,579	=	0,135	0,270	0,243
8-9	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
9-10	11,5	5,500	=	0,478	=	0,112	0,224	0,202
10-11	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216	0,194
11-12	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180
12-13	14,5	5,500	=	0,379	=	0,095	0,190	0,171
13-14	15,5	5,500	=	0,355	=	0,088	0,176	0,158
14-15	16,5	5,500	=	0,333	=	0,082	0,164	0,148
15-16	17,5	5,500	=	0,314	=	0,078	0,156	0,140

Pemadatan ke 6				H timbunan =		0,500	m	
akibat timbunan				Q =	0,9	t/m		
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	3	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414
1-2	4	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378
2-3	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
3-4	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
4-5	7	5,500	=	0,786	=	0,164	0,328	0,295
5-6	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
6-7	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
7-8	10	5,500	=	0,550	=	0,128	0,256	0,230
8-9	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212
9-10	12	5,500	=	0,458	=	0,111	0,222	0,200
10-11	13	5,500	=	0,423	=	0,107	0,214	0,193
11-12	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
12-13	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
13-14	16	5,500	=	0,344	=	0,085	0,170	0,153
14-15	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
15-16	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140

Tabel 1. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 7				H timbunan =		0,500	m	
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	3,5	5,500	=	1,571	=	0,220	0,440	0,396
1-2	4,5	5,500	=	1,222	=	0,206	0,412	0,371
2-3	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376	0,338
3-4	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
4-5	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
5-6	8,5	5,500	=	0,647	=	0,143	0,286	0,257
6-7	9,5	5,500	=	0,579	=	0,132	0,264	0,238
7-8	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
8-9	11,5	5,500	=	0,478	=	0,113	0,226	0,203
9-10	12,5	5,500	=	0,440	=	0,106	0,212	0,191
10-11	13,5	5,500	=	0,407	=	0,093	0,186	0,167
11-12	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166
12-13	15,5	5,500	=	0,355	=	0,090	0,180	0,162
13-14	16,5	5,500	=	0,333	=	0,085	0,170	0,153
14-15	17,5	5,500	=	0,314	=	0,080	0,160	0,144
15-16	18,5	5,500	=	0,297	=	0,078	0,156	0,140

Pemadatan ke 8				H timbunan =		0,500	m	
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	4,0	5,500	=	1,375	=	0,209	0,418	0,376
1-2	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
2-3	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
3-4	7	5,500	=	0,786	=	0,164	0,328	0,295
4-5	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
5-6	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
6-7	10	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260	0,234
7-8	11	5,500	=	0,500	=	0,119	0,238	0,214
8-9	12	5,500	=	0,458	=	0,110	0,220	0,198
9-10	13	5,500	=	0,423	=	0,102	0,204	0,184
10-11	14	5,500	=	0,393	=	0,092	0,184	0,166
11-12	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
12-13	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
13-14	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
14-15	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140
15-16	19	5,500	=	0,289	=	0,070	0,140	0,126

Pemadatan ke 9				H timbunan =		0,500	m	
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410	0,369
1-2	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376	0,338
2-3	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
3-4	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
4-5	8,5	5,500	=	0,647	=	0,142	0,284	0,256
5-6	9,5	5,500	=	0,579	=	0,137	0,274	0,247
6-7	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
7-8	11,5	5,500	=	0,478	=	0,112	0,224	0,202
8-9	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216	0,194
9-10	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180
10-11	14,5	5,500	=	0,379	=	0,095	0,190	0,171
11-12	15,5	5,500	=	0,355	=	0,088	0,176	0,158
12-13	16,5	5,500	=	0,333	=	0,083	0,166	0,149
13-14	17,5	5,500	=	0,314	=	0,080	0,160	0,144
14-15	18,5	5,500	=	0,297	=	0,078	0,156	0,140
15-16	19,5	5,500	=	0,282	=	0,070	0,140	0,126

Tabel 1. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 10							H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m							
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$			
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)			
0-1	5,0	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356			
1-2	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324			
2-3	7	5,500	=	0,786	=	0,163	0,326	0,293			
3-4	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270			
4-5	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252			
5-6	10	5,500	=	0,550	=	0,129	0,258	0,232			
6-7	11	5,500	=	0,500	=	0,119	0,238	0,214			
7-8	12	5,500	=	0,458	=	0,115	0,230	0,207			
8-9	13	5,500	=	0,423	=	0,105	0,210	0,189			
9-10	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176			
10-11	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162			
11-12	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158			
12-13	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144			
13-14	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140			
14-15	19	5,500	=	0,289	=	0,070	0,140	0,126			
15-16	20	5,500	=	0,275	=	0,068	0,136	0,122			

Pemadatan ke 11							H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m							
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$			
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)			
0-1	5,5	5,500	=	1,000	=	0,186	0,372	0,335			
1-2	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306			
2-3	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284			
3-4	8,5	5,500	=	0,647	=	0,145	0,290	0,261			
4-5	9,5	5,500	=	0,579	=	0,133	0,266	0,239			
5-6	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216			
6-7	11,5	5,500	=	0,478	=	0,112	0,224	0,202			
7-8	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216	0,194			
8-9	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180			
9-10	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166			
10-11	15,5	5,500	=	0,355	=	0,089	0,178	0,160			
11-12	16,5	5,500	=	0,333	=	0,085	0,170	0,153			
12-13	17,5	5,500	=	0,314	=	0,078	0,156	0,140			
13-14	18,5	5,500	=	0,297	=	0,072	0,144	0,130			
14-15	19,5	5,500	=	0,282	=	0,067	0,134	0,121			
15-16	20,5	5,500	=	0,268	=	0,065	0,130	0,117			

Pemadatan ke 12							H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m							
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$			
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)			
0-1	6,0	5,500	=	0,917	=	0,178	0,356	0,320			
1-2	7	5,500	=	0,786	=	0,165	0,330	0,297			
2-3	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270			
3-4	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252			
4-5	10	5,500	=	0,550	=	0,129	0,258	0,232			
5-6	11	5,500	=	0,500	=	0,119	0,238	0,214			
6-7	12	5,500	=	0,458	=	0,110	0,220	0,198			
7-8	13	5,500	=	0,423	=	0,104	0,208	0,187			
8-9	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176			
9-10	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162			
10-11	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158			
11-12	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144			
12-13	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140			
13-14	19	5,500	=	0,289	=	0,068	0,136	0,122			
14-15	20	5,500	=	0,275	=	0,064	0,128	0,115			
15-16	21	5,500	=	0,262	=	0,062	0,124	0,112			

Tabel 1. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 13				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan		Q = 0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
1-2	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
2-3	8,5	5,500	=	0,647	=	0,143	0,286	0,257
3-4	9,5	5,500	=	0,579	=	0,138	0,276	0,248
4-5	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
5-6	11,5	5,500	=	0,478	=	0,114	0,228	0,205
6-7	12,5	5,500	=	0,440	=	0,105	0,210	0,189
7-8	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180
8-9	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166
9-10	15,5	5,500	=	0,355	=	0,088	0,176	0,158
10-11	16,5	5,500	=	0,333	=	0,085	0,170	0,153
11-12	17,5	5,500	=	0,314	=	0,080	0,160	0,144
12-13	18,5	5,500	=	0,297	=	0,078	0,156	0,140
13-14	19,5	5,500	=	0,282	=	0,069	0,138	0,124
14-15	20,5	5,500	=	0,268	=	0,065	0,130	0,117
15-16	21,5	5,500	=	0,256	=	0,063	0,126	0,113

Pemadatan ke 14				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan		Q = 0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	7,0	5,500	=	0,786	=	0,163	0,326	0,293
1-2	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
2-3	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
3-4	10	5,500	=	0,550	=	0,128	0,256	0,230
4-5	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212
5-6	12	5,500	=	0,458	=	0,115	0,230	0,207
6-7	13	5,500	=	0,423	=	0,103	0,206	0,185
7-8	14	5,500	=	0,393	=	0,095	0,190	0,171
8-9	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
9-10	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
10-11	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
11-12	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140
12-13	19	5,500	=	0,289	=	0,068	0,136	0,122
13-14	20	5,500	=	0,275	=	0,065	0,130	0,117
14-15	21	5,500	=	0,262	=	0,064	0,128	0,115
15-16	22	5,500	=	0,250	=	0,063	0,126	0,113

Pemadatan ke 15				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan		Q = 0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
1-2	8,5	5,500	=	0,647	=	0,143	0,286	0,257
2-3	9,5	5,500	=	0,579	=	0,135	0,270	0,243
3-4	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
4-5	11,5	5,500	=	0,478	=	0,115	0,230	0,207
5-6	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216	0,194
6-7	13,5	5,500	=	0,407	=	0,098	0,196	0,176
7-8	14,5	5,500	=	0,379	=	0,091	0,182	0,164
8-9	15,5	5,500	=	0,355	=	0,090	0,180	0,162
9-10	16,5	5,500	=	0,333	=	0,088	0,176	0,158
10-11	17,5	5,500	=	0,314	=	0,078	0,156	0,140
11-12	18,5	5,500	=	0,297	=	0,073	0,146	0,131
12-13	19,5	5,500	=	0,282	=	0,070	0,140	0,126
13-14	20,5	5,500	=	0,268	=	0,068	0,136	0,122
14-15	21,5	5,500	=	0,256	=	0,065	0,130	0,117
15-16	22,5	5,500	=	0,244	=	0,063	0,126	0,113

Tabel 1. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 16				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m				
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
1-2	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
2-3	10	5,500	=	0,550	=	0,128	0,256	0,230
3-4	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212
4-5	12	5,500	=	0,458	=	0,113	0,226	0,203
5-6	13	5,500	=	0,423	=	0,103	0,206	0,185
6-7	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
7-8	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
8-9	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
9-10	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
10-11	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140
11-12	19	5,500	=	0,289	=	0,068	0,136	0,122
12-13	20	5,500	=	0,275	=	0,065	0,130	0,117
13-14	21	5,500	=	0,262	=	0,064	0,128	0,115
14-15	22	5,500	=	0,250	=	0,063	0,126	0,113
15-16	23	5,500	=	0,239	=	0,061	0,122	0,110

Pemadatan ke 17				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m				
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	8,5	5,500	=	0,647	=	0,150	0,300	0,270
1-2	9,5	5,500	=	0,579	=	0,141	0,282	0,254
2-3	10,5	5,500	=	0,524	=	0,132	0,264	0,238
3-4	11,5	5,500	=	0,478	=	0,127	0,254	0,229
4-5	12,5	5,500	=	0,440	=	0,117	0,234	0,211
5-6	13,5	5,500	=	0,407	=	0,110	0,220	0,198
6-7	14,5	5,500	=	0,379	=	0,103	0,206	0,185
7-8	15,5	5,500	=	0,355	=	0,100	0,200	0,180
8-9	16,5	5,500	=	0,333	=	0,091	0,182	0,164
9-10	17,5	5,500	=	0,314	=	0,089	0,178	0,160
10-11	18,5	5,500	=	0,297	=	0,087	0,174	0,157
11-12	19,5	5,500	=	0,282	=	0,079	0,158	0,142
12-13	20,5	5,500	=	0,268	=	0,070	0,140	0,126
13-14	21,5	5,500	=	0,256	=	0,065	0,130	0,117
14-15	22,5	5,500	=	0,244	=	0,063	0,126	0,113
15-16	23,5	5,500	=	0,234	=	0,062	0,124	0,112

Pemadatan ke 18				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m				
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	9	5,500	=	0,611	=	0,15	0,300	0,270
1-2	10	5,500	=	0,550	=	0,14	0,280	0,252
2-3	11	5,500	=	0,500	=	0,13	0,260	0,234
3-4	12	5,500	=	0,458	=	0,12	0,240	0,216
4-5	13	5,500	=	0,423	=	0,115	0,230	0,207
5-6	14	5,500	=	0,393	=	0,105	0,210	0,189
6-7	15	5,500	=	0,367	=	0,1	0,200	0,180
7-8	16	5,500	=	0,344	=	0,097	0,194	0,175
8-9	17	5,500	=	0,324	=	0,091	0,182	0,164
9-10	18	5,500	=	0,306	=	0,088	0,176	0,158
10-11	19	5,500	=	0,289	=	0,085	0,170	0,153
11-12	20	5,500	=	0,275	=	0,08	0,160	0,144
12-13	21	5,500	=	0,262	=	0,078	0,156	0,140
13-14	22	5,500	=	0,250	=	0,073	0,146	0,131
14-15	23	5,500	=	0,239	=	0,065	0,130	0,117
15-16	24	5,500	=	0,229	=	0,062	0,124	0,112

Tabel 1. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 19				H timbunan = 0,500		m	
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m			
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I
(m)	(m)	(m)	(m)				(t/m ²)
0-1	9,500	5,500	=	0,578947	=	0,15	0,3
1-2	10,500	5,500	=	0,52381	=	0,14	0,28
2-3	11,500	5,500	=	0,478261	=	0,13	0,26
3-4	12,500	5,500	=	0,44	=	0,12	0,24
4-5	13,500	5,500	=	0,407407	=	0,115	0,23
5-6	14,500	5,500	=	0,37931	=	0,105	0,21
6-7	15,500	5,500	=	0,354839	=	0,1	0,2
7-8	16,500	5,500	=	0,333333	=	0,097	0,194
8-9	17,500	5,500	=	0,314286	=	0,091	0,182
9-10	18,500	5,500	=	0,297297	=	0,088	0,176
10-11	19,500	5,500	=	0,282051	=	0,085	0,17
11-12	20,500	5,500	=	0,268293	=	0,08	0,16
12-13	21,500	5,500	=	0,255814	=	0,078	0,156
13-14	22,500	5,500	=	0,244444	=	0,073	0,146
14-15	23,500	5,500	=	0,234043	=	0,065	0,13
15-16	24,500	5,500	=	0,22449	=	0,062	0,124

Pemadatan ke 20				H timbunan = 0,400		m	
akibat timbunan		Q =	0,72	t/m			
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I
(m)	(m)	(m)	(m)				(t/m ²)
0-1	9,900	5,500	=	0,55555556	=	0,15	0,3
1-2	10,900	5,500	=	0,50458716	=	0,14	0,28
2-3	11,900	5,500	=	0,46218487	=	0,13	0,26
3-4	12,900	5,500	=	0,42635659	=	0,12	0,24
4-5	13,900	5,500	=	0,39568345	=	0,115	0,23
5-6	14,900	5,500	=	0,36912752	=	0,105	0,21
6-7	15,900	5,500	=	0,34591195	=	0,1	0,2
7-8	16,900	5,500	=	0,32544379	=	0,097	0,194
8-9	17,900	5,500	=	0,30726257	=	0,091	0,182
9-10	18,900	5,500	=	0,29100529	=	0,088	0,176
10-11	19,900	5,500	=	0,27638191	=	0,085	0,17
11-12	20,900	5,500	=	0,26315789	=	0,08	0,16
12-13	21,900	5,500	=	0,25114155	=	0,078	0,156
13-14	22,900	5,500	=	0,24017467	=	0,073	0,146
14-15	23,900	5,500	=	0,23012552	=	0,065	0,13
15-16	24,900	5,500	=	0,22088353	=	0,062	0,124

Tabel 2. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap

Pemadatan 1		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_l	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	0,5	0,547	0,109	1,527	0,310	0,760	1,810	0,01687	0,01687
1-2	1,5	0,547	0,109	1,527	0,930	1,371	2,430	0,00730	0,02417
2-3	2,5	0,547	0,109	1,527	1,550	1,982	3,050	0,00462	0,02879
3-4	3,5	0,547	0,109	1,527	2,170	2,575	3,670	0,00322	0,03201
4-5	4,5	0,547	0,109	1,527	2,790	3,159	4,290	0,00234	0,03435
5-6	5,5	0,519	0,104	1,435	3,432	3,774	4,932	0,00176	0,03611
6-7	6,5	0,519	0,104	1,435	4,095	4,401	5,595	0,00133	0,03744
7-8	7,5	0,519	0,104	1,435	4,759	5,047	6,259	0,00109	0,03853
8-9	8,5	0,532	0,106	1,418	5,435	5,696	6,935	0,00090	0,03942
9-10	9,5	0,532	0,106	1,418	6,124	6,358	7,624	0,00072	0,04014
10-11	10,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,030	8,314	0,00060	0,04074
11-12	11,5	0,419	0,084	1,263	8,249	8,447	9,749	0,00038	0,04112
12-13	12,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,166	10,477	0,00034	0,04146
13-14	13,5	0,419	0,084	1,263	9,704	9,875	11,204	0,00028	0,04174
14-15	14,5	0,419	0,084	1,263	10,432	10,597	11,932	0,00025	0,04199
15-16	15,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,321	12,659	0,00023	0,04222

Pemadatan 2		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_l	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	1,0	0,547	0,109	1,527	0,310	1,210	1,810	0,00875	0,00875
1-2	2,0	0,547	0,109	1,527	0,930	1,812	2,430	0,00525	0,01400
2-3	3,0	0,547	0,109	1,527	1,550	2,396	3,050	0,00357	0,01756
3-4	4,0	0,547	0,109	1,527	2,170	2,953	3,670	0,00258	0,02014
4-5	5,0	0,547	0,109	1,527	2,790	3,519	4,290	0,00203	0,02217
5-6	6,0	0,519	0,104	1,435	3,432	4,098	4,932	0,00152	0,02369
6-7	7,0	0,519	0,104	1,435	4,095	4,698	5,595	0,00121	0,02490
7-8	8,0	0,519	0,104	1,435	4,759	5,317	6,259	0,00096	0,02587
8-9	9,0	0,532	0,106	1,418	5,435	5,948	6,935	0,00083	0,02669
9-10	10,0	0,532	0,106	1,418	6,124	6,592	7,624	0,00069	0,02739
10-11	11,0	0,532	0,106	1,418	6,814	7,246	8,314	0,00058	0,02796
11-12	12,0	0,419	0,084	1,263	8,249	8,654	9,749	0,00039	0,02835
12-13	13,0	0,419	0,084	1,263	8,977	9,355	10,477	0,00033	0,02868
13-14	14,0	0,419	0,084	1,263	9,704	10,046	11,204	0,00028	0,02896
14-15	15,0	0,419	0,084	1,263	10,432	10,759	11,932	0,00024	0,02920
15-16	16,0	0,419	0,084	1,263	11,159	11,480	12,659	0,00022	0,02943

Tabel 2. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 3		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_3	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	1,5	0,547	0,109	1,527	0,310	1,656	1,810	0,00591	0,00591
1-2	2,5	0,547	0,109	1,527	0,930	2,241	2,430	0,00399	0,00990
2-3	3,5	0,547	0,109	1,527	1,550	2,796	3,050	0,00290	0,01280
3-4	4,5	0,547	0,109	1,527	2,170	3,322	3,670	0,00221	0,01502
4-5	5,5	0,547	0,109	1,527	2,790	3,861	4,290	0,00174	0,01676
5-6	6,5	0,519	0,104	1,435	3,432	4,404	4,932	0,00133	0,01809
6-7	7,5	0,519	0,104	1,435	4,095	4,983	5,595	0,00109	0,01918
7-8	8,5	0,519	0,104	1,435	4,759	5,578	6,259	0,00089	0,02007
8-9	9,5	0,532	0,106	1,418	5,435	6,191	6,935	0,00077	0,02083
9-10	10,5	0,532	0,106	1,418	6,124	6,812	7,624	0,00063	0,02146
10-11	11,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,453	8,314	0,00054	0,02200
11-12	12,5	0,419	0,084	1,263	8,249	8,843	9,749	0,00035	0,02235
12-13	13,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,535	10,477	0,00031	0,02265
13-14	14,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,217	11,204	0,00027	0,02292
14-15	15,5	0,419	0,084	1,263	10,432	10,918	11,932	0,00024	0,02316
15-16	16,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,633	12,659	0,00021	0,02337

Pemadatan 4		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_3	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	2	0,547	0,109	1,527	0,310	2,092	1,810	0,01529	0,01529
1-2	3	0,547	0,109	1,527	0,930	2,655	2,430	0,00984	0,02512
2-3	4	0,547	0,109	1,527	1,550	3,174	3,050	0,00537	0,03050
3-4	5	0,547	0,109	1,527	2,170	3,679	3,670	0,00209	0,03259
4-5	6	0,547	0,109	1,527	2,790	4,185	4,290	0,00152	0,03410
5-6	7	0,519	0,104	1,435	3,432	4,701	4,932	0,00121	0,03531
6-7	8	0,519	0,104	1,435	4,095	5,253	5,595	0,00098	0,03629
7-8	9	0,519	0,104	1,435	4,759	5,830	6,259	0,00082	0,03711
8-9	10	0,532	0,106	1,418	5,435	6,425	6,935	0,00071	0,03781
9-10	11	0,532	0,106	1,418	6,124	7,024	7,624	0,00059	0,03840
10-11	12	0,532	0,106	1,418	6,814	7,651	8,314	0,00050	0,03890
11-12	13	0,419	0,084	1,263	8,249	9,032	9,749	0,00034	0,03924
12-13	14	0,419	0,084	1,263	8,977	9,711	10,477	0,00030	0,03954
13-14	15	0,419	0,084	1,263	9,704	10,379	11,204	0,00025	0,03979
14-15	16	0,419	0,084	1,263	10,432	11,076	11,932	0,00023	0,04002
15-16	17	0,419	0,084	1,263	11,159	11,777	12,659	0,00020	0,04022

Tabel 2. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 5										Pemadatan 6									
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_s	σ'_c	Sc	$\sum Sc$	Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_s	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m						(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	2,5	0,547	0,109	1,527	0,310	2,520	1,810	0,01752	0,01752	0-1	3	0,547	0,109	1,527	0,310	2,934	1,810	0,01431	0,01431
1-2	3,5	0,547	0,109	1,527	0,930	3,052	2,430	0,01314	0,03066	1-2	4	0,547	0,109	1,527	0,930	3,430	2,430	0,01098	0,02529
2-3	4,5	0,547	0,109	1,527	1,550	3,543	3,050	0,01035	0,04101	2-3	5	0,547	0,109	1,527	1,550	3,899	3,050	0,00902	0,03431
3-4	5,5	0,547	0,109	1,527	2,170	4,017	3,670	0,00828	0,04928	3-4	6	0,547	0,109	1,527	2,170	4,341	3,670	0,00730	0,04160
4-5	6,5	0,547	0,109	1,527	2,790	4,491	4,290	0,00477	0,05406	4-5	7	0,547	0,109	1,527	2,790	4,787	4,290	0,00599	0,04759
5-6	7,5	0,519	0,104	1,435	3,432	4,986	4,932	0,00188	0,05594	5-6	8	0,519	0,104	1,435	3,432	5,256	4,932	0,00488	0,05247
6-7	8,5	0,519	0,104	1,435	4,095	5,519	5,595	0,00092	0,05685	6-7	9	0,519	0,104	1,435	4,095	5,771	5,595	0,00311	0,05558
7-8	9,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,073	6,259	0,00076	0,05761	7-8	10	0,519	0,104	1,435	4,759	6,303	6,259	0,00121	0,05679
8-9	10,5	0,532	0,106	1,418	5,435	6,641	6,935	0,00063	0,05824	8-9	11	0,532	0,106	1,418	5,435	6,853	6,935	0,00060	0,05740
9-10	11,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,226	7,624	0,00054	0,05878	9-10	12	0,532	0,106	1,418	6,124	7,426	7,624	0,00052	0,05792
10-11	12,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,845	8,314	0,00048	0,05926	10-11	13	0,532	0,106	1,418	6,814	8,038	8,314	0,00046	0,05838
11-12	13,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,212	9,749	0,00032	0,05958	11-12	14	0,419	0,084	1,263	8,249	9,389	9,749	0,00031	0,05869
12-13	14,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,882	10,477	0,00028	0,05986	12-13	15	0,419	0,084	1,263	8,977	10,044	10,477	0,00026	0,05895
13-14	15,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,538	11,204	0,00024	0,06011	13-14	16	0,419	0,084	1,263	9,704	10,691	11,204	0,00023	0,05918
14-15	16,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,224	11,932	0,00021	0,06032	14-15	17	0,419	0,084	1,263	10,432	11,368	11,932	0,00021	0,05939
15-16	17,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,917	12,659	0,00019	0,06051	15-16	18	0,419	0,084	1,263	11,159	12,057	12,659	0,00019	0,05957

Tabel 2. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 7										Pemadatan 8									
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'o	σ'7	σ'c	Sc	ΣSc	Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'o	σ'8	σ'c	Sc	ΣSc
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m						(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m
0-1	3,5	0,547	0,109	1,527	0,310	3,330	1,810	0,01191	0,01191	0-1	4	0,547	0,109	1,527	0,310	3,707	1,810	0,01007	0,01007
1-2	4,5	0,547	0,109	1,527	0,930	3,801	2,430	0,00966	0,02156	1-2	5	0,547	0,109	1,527	0,930	4,158	2,430	0,00843	0,01850
2-3	5,5	0,547	0,109	1,527	1,550	4,238	3,050	0,00783	0,02939	2-3	6	0,547	0,109	1,527	1,550	4,562	3,050	0,00693	0,02543
3-4	6,5	0,547	0,109	1,527	2,170	4,647	3,670	0,00641	0,03580	3-4	7	0,547	0,109	1,527	2,170	4,942	3,670	0,00579	0,03122
4-5	7,5	0,547	0,109	1,527	2,790	5,071	4,290	0,00543	0,04123	4-5	8	0,547	0,109	1,527	2,790	5,341	4,290	0,00488	0,03610
5-6	8,5	0,519	0,104	1,435	3,432	5,513	4,932	0,00442	0,04565	5-6	9	0,519	0,104	1,435	3,432	5,765	4,932	0,00413	0,04023
6-7	9,5	0,519	0,104	1,435	4,095	6,009	5,595	0,00373	0,04938	6-7	10	0,519	0,104	1,435	4,095	6,243	5,595	0,00353	0,04377
7-8	10,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,519	6,259	0,00312	0,05250	7-8	11	0,519	0,104	1,435	4,759	6,733	6,259	0,00299	0,04676
8-9	11,5	0,532	0,106	1,418	5,435	7,057	6,935	0,00189	0,05439	8-9	12	0,532	0,106	1,418	5,435	7,255	6,935	0,00265	0,04940
9-10	12,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,616	7,624	0,00049	0,05487	9-10	13	0,532	0,106	1,418	6,124	7,800	7,624	0,00220	0,05160
10-11	13,5	0,532	0,106	1,418	6,814	8,205	8,314	0,00039	0,05527	10-11	14	0,532	0,106	1,418	6,814	8,371	8,314	0,00091	0,05251
11-12	14,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,554	9,749	0,00028	0,05555	11-12	15	0,419	0,084	1,263	8,249	9,716	9,749	0,00027	0,05278
12-13	15,5	0,419	0,084	1,263	8,977	10,206	10,477	0,00026	0,05581	12-13	16	0,419	0,084	1,263	8,977	10,365	10,477	0,00025	0,05303
13-14	16,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,844	11,204	0,00023	0,05604	13-14	17	0,419	0,084	1,263	9,704	10,988	11,204	0,00021	0,05324
14-15	17,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,512	11,932	0,00020	0,05624	14-15	18	0,419	0,084	1,263	10,432	11,652	11,932	0,00020	0,05344
15-16	18,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,198	12,659	0,00019	0,05643	15-16	19	0,419	0,084	1,263	11,159	12,324	12,659	0,00017	0,05360

Tabel 2. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 9										Pemadatan 10										
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'o	σ'9'	σ'c	Sc	ΣSc		Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'o	σ'10'	σ'c	Sc	ΣSc
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m							(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m
0-1	4,5	0,547	0,109	1,527	0,310	4,076	1,810	0,00893	0,00893		0-1	5	0,547	0,109	1,527	0,310	4,432	1,810	0,00789	0,00789
1-2	5,5	0,547	0,109	1,527	0,930	4,496	2,430	0,00736	0,01629		1-2	6	0,547	0,109	1,527	0,930	4,820	2,430	0,00655	0,01443
2-3	6,5	0,547	0,109	1,527	1,550	4,868	3,050	0,00611	0,02240		2-3	7	0,547	0,109	1,527	1,550	5,161	3,050	0,00551	0,01994
3-4	7,5	0,547	0,109	1,527	2,170	5,227	3,670	0,00526	0,02766		3-4	8	0,547	0,109	1,527	2,170	5,497	3,670	0,00474	0,02468
4-5	8,5	0,547	0,109	1,527	2,790	5,597	4,290	0,00440	0,03206		4-5	9	0,547	0,109	1,527	2,790	5,849	4,290	0,00414	0,02882
5-6	9,5	0,519	0,104	1,435	3,432	6,012	4,932	0,00387	0,03593		5-6	10	0,519	0,104	1,435	3,432	6,244	4,932	0,00350	0,03232
6-7	10,5	0,519	0,104	1,435	4,095	6,459	5,595	0,00315	0,03908		6-7	11	0,519	0,104	1,435	4,095	6,673	5,595	0,00302	0,03534
7-8	11,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,935	6,259	0,00273	0,04180		7-8	12	0,519	0,104	1,435	4,759	7,142	6,259	0,00272	0,03806
8-9	12,5	0,532	0,106	1,418	5,435	7,449	6,935	0,00253	0,04433		8-9	13	0,532	0,106	1,418	5,435	7,638	6,935	0,00240	0,04046
9-10	13,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,980	7,624	0,00218	0,04651		9-10	14	0,532	0,106	1,418	6,124	8,156	7,624	0,00209	0,04255
10-11	14,5	0,532	0,106	1,418	6,814	8,542	8,314	0,00193	0,04845		10-11	15	0,532	0,106	1,418	6,814	8,704	8,314	0,00180	0,04435
11-12	15,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,875	9,749	0,00108	0,04953		11-12	16	0,419	0,084	1,263	8,249	10,033	9,749	0,00128	0,04563
12-13	16,5	0,419	0,084	1,263	8,977	10,514	10,477	0,00046	0,04999		12-13	17	0,419	0,084	1,263	8,977	10,658	10,477	0,00109	0,04672
13-14	17,5	0,419	0,084	1,263	9,704	11,132	11,204	0,00021	0,05020		13-14	18	0,419	0,084	1,263	9,704	11,272	11,204	0,00059	0,04731
14-15	18,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,793	11,932	0,00019	0,05039		14-15	19	0,419	0,084	1,263	10,432	11,919	11,932	0,00010	0,04741
15-16	19,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,450	12,659	0,00016	0,05056		15-16	20	0,419	0,084	1,263	11,159	12,572	12,659	0,00016	0,04757

Tabel 2. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 11										Pemadatan 12									
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	$\sigma'_{11'}$	σ'_c	Sc	ΣSc	Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	$\sigma'_{12'}$	σ'_c	Sc	ΣSc
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m						(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	5,5	0,547	0,109	1,527	0,310	4,767	1,810	0,00685	0,00685	0-1	6	0,547	0,109	1,527	0,310	5,087	1,810	0,00612	0,00612
1-2	6,5	0,547	0,109	1,527	0,930	5,126	2,430	0,00579	0,01264	1-2	7	0,547	0,109	1,527	0,930	5,423	2,430	0,00530	0,01142
2-3	7,5	0,547	0,109	1,527	1,550	5,445	3,050	0,00505	0,01769	2-3	8	0,547	0,109	1,527	1,550	5,715	3,050	0,00455	0,01597
3-4	8,5	0,547	0,109	1,527	2,170	5,758	3,670	0,00436	0,02205	3-4	9	0,547	0,109	1,527	2,170	6,010	3,670	0,00403	0,02000
4-5	9,5	0,547	0,109	1,527	2,790	6,088	4,290	0,00377	0,02582	4-5	10	0,547	0,109	1,527	2,790	6,320	4,290	0,00352	0,02352
5-6	10,5	0,519	0,104	1,435	3,432	6,460	4,932	0,00315	0,02897	5-6	11	0,519	0,104	1,435	3,432	6,674	4,932	0,00302	0,02654
6-7	11,5	0,519	0,104	1,435	4,095	6,875	5,595	0,00275	0,03172	6-7	12	0,519	0,104	1,435	4,095	7,073	5,595	0,00263	0,02916
7-8	12,5	0,519	0,104	1,435	4,759	7,336	6,259	0,00248	0,03421	7-8	13	0,519	0,104	1,435	4,759	7,523	6,259	0,00233	0,03149
8-9	13,5	0,532	0,106	1,418	5,435	7,818	6,935	0,00223	0,03643	8-9	14	0,532	0,106	1,418	5,435	7,994	6,935	0,00213	0,03363
9-10	14,5	0,532	0,106	1,418	6,124	8,322	7,624	0,00192	0,03836	9-10	15	0,532	0,106	1,418	6,124	8,484	7,624	0,00184	0,03547
10-11	15,5	0,532	0,106	1,418	6,814	8,864	8,314	0,00174	0,04010	10-11	16	0,532	0,106	1,418	6,814	9,022	8,314	0,00169	0,03717
11-12	16,5	0,419	0,084	1,263	8,249	10,186	9,749	0,00122	0,04132	11-12	17	0,419	0,084	1,263	8,249	10,330	9,749	0,00113	0,03830
12-13	17,5	0,419	0,084	1,263	8,977	10,799	10,477	0,00105	0,04237	12-13	18	0,419	0,084	1,263	8,977	10,939	10,477	0,00104	0,03934
13-14	18,5	0,419	0,084	1,263	9,704	11,402	11,204	0,00092	0,04329	13-14	19	0,419	0,084	1,263	9,704	11,524	11,204	0,00086	0,04019
14-15	19,5	0,419	0,084	1,263	10,432	12,039	11,932	0,00081	0,04410	14-15	20	0,419	0,084	1,263	10,432	12,154	11,932	0,00077	0,04096
15-16	20,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,689	12,659	0,00030	0,04440	15-16	21	0,419	0,084	1,263	11,159	12,801	12,659	0,00070	0,04167

Tabel 2. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 13		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	$\sigma'_{13'}$	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m
0-1	6,5	0,547	0,109	1,527	0,310	5,393	1,810	0,00549	0,00549
1-2	7,5	0,547	0,109	1,527	0,930	5,707	2,430	0,00481	0,01030
2-3	8,5	0,547	0,109	1,527	1,550	5,973	3,050	0,00414	0,01445
3-4	9,5	0,547	0,109	1,527	2,170	6,258	3,670	0,00381	0,01826
4-5	10,5	0,547	0,109	1,527	2,790	6,536	4,290	0,00316	0,02142
5-6	11,5	0,519	0,104	1,435	3,432	6,879	4,932	0,00280	0,02422
6-7	12,5	0,519	0,104	1,435	4,095	7,262	5,595	0,00244	0,02666
7-8	13,5	0,519	0,104	1,435	4,759	7,703	6,259	0,00219	0,02884
8-9	14,5	0,532	0,106	1,418	5,435	8,160	6,935	0,00196	0,03080
9-10	15,5	0,532	0,106	1,418	6,124	8,642	7,624	0,00177	0,03257
10-11	16,5	0,532	0,106	1,418	6,814	9,175	8,314	0,00161	0,03418
11-12	17,5	0,419	0,084	1,263	8,249	10,474	9,749	0,00111	0,03530
12-13	18,5	0,419	0,084	1,263	8,977	11,079	10,477	0,00103	0,03632
13-14	19,5	0,419	0,084	1,263	9,704	11,648	11,204	0,00086	0,03719
14-15	20,5	0,419	0,084	1,263	10,432	12,271	11,932	0,00077	0,03796
15-16	21,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,914	12,659	0,00071	0,03867

Pemadatan 14		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	$\sigma'_{14'}$	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m
0-1	7	0,547	0,109	1,527	0,310	5,687	1,810	0,00498	0,00498
1-2	8	0,547	0,109	1,527	0,930	5,977	2,430	0,00435	0,00933
2-3	9	0,547	0,109	1,527	1,550	6,225	3,050	0,00389	0,01322
3-4	10	0,547	0,109	1,527	2,170	6,489	3,670	0,00340	0,01662
4-5	11	0,547	0,109	1,527	2,790	6,749	4,290	0,00301	0,01963
5-6	12	0,519	0,104	1,435	3,432	7,086	4,932	0,00274	0,02237
6-7	13	0,519	0,104	1,435	4,095	7,447	5,595	0,00233	0,02470
7-8	14	0,519	0,104	1,435	4,759	7,874	6,259	0,00203	0,02673
8-9	15	0,532	0,106	1,418	5,435	8,322	6,935	0,00188	0,02861
9-10	16	0,532	0,106	1,418	6,124	8,801	7,624	0,00174	0,03035
10-11	17	0,532	0,106	1,418	6,814	9,319	8,314	0,00149	0,03184
11-12	18	0,419	0,084	1,263	8,249	10,615	9,749	0,00107	0,03291
12-13	19	0,419	0,084	1,263	8,977	11,202	10,477	0,00088	0,03379
13-14	20	0,419	0,084	1,263	9,704	11,765	11,204	0,00080	0,03460
14-15	21	0,419	0,084	1,263	10,432	12,387	11,932	0,00075	0,03535
15-16	22	0,419	0,084	1,263	11,159	13,028	12,659	0,00070	0,03605

Tabel 2. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 15										Pemadatan 16									
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ_o'	σ_{15}'	σ_c'	Sc	$\sum Sc$	Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ_o'	σ_{16}'	σ_c'	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m						(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	7,5	0,547	0,109	1,527	0,310	5,971	1,810	0,00459	0,00459	0-1	8	0,547	0,109	1,527	0,310	6,241	1,810	0,00416	0,00416
1-2	8,5	0,547	0,109	1,527	0,930	6,235	2,430	0,00397	0,00856	1-2	9	0,547	0,109	1,527	0,930	6,487	2,430	0,00373	0,00789
2-3	9,5	0,547	0,109	1,527	1,550	6,468	3,050	0,00360	0,01216	2-3	10	0,547	0,109	1,527	1,550	6,698	3,050	0,00329	0,01118
3-4	10,5	0,547	0,109	1,527	2,170	6,705	3,670	0,00308	0,01524	3-4	11	0,547	0,109	1,527	2,170	6,917	3,670	0,00293	0,01411
4-5	11,5	0,547	0,109	1,527	2,790	6,956	4,290	0,00284	0,01808	4-5	12	0,547	0,109	1,527	2,790	7,159	4,290	0,00271	0,01683
5-6	12,5	0,519	0,104	1,435	3,432	7,281	4,932	0,00250	0,02058	5-6	13	0,519	0,104	1,435	3,432	7,466	4,932	0,00233	0,01915
6-7	13,5	0,519	0,104	1,435	4,095	7,623	5,595	0,00217	0,02275	6-7	14	0,519	0,104	1,435	4,095	7,800	5,595	0,00212	0,02127
7-8	14,5	0,519	0,104	1,435	4,759	8,038	6,259	0,00190	0,02465	7-8	15	0,519	0,104	1,435	4,759	8,200	6,259	0,00185	0,02311
8-9	15,5	0,532	0,106	1,418	5,435	8,484	6,935	0,00184	0,02650	8-9	16	0,532	0,106	1,418	5,435	8,642	6,935	0,00177	0,02488
9-10	16,5	0,532	0,106	1,418	6,124	8,959	7,624	0,00171	0,02820	9-10	17	0,532	0,106	1,418	6,124	9,103	7,624	0,00152	0,02641
10-11	17,5	0,532	0,106	1,418	6,814	9,460	8,314	0,00143	0,02963	10-11	18	0,532	0,106	1,418	6,814	9,600	8,314	0,00141	0,02781
11-12	18,5	0,419	0,084	1,263	8,249	10,746	9,749	0,00099	0,03062	11-12	19	0,419	0,084	1,263	8,249	10,868	9,749	0,00091	0,02873
12-13	19,5	0,419	0,084	1,263	8,977	11,328	10,477	0,00090	0,03152	12-13	20	0,419	0,084	1,263	8,977	11,445	10,477	0,00083	0,02955
13-14	20,5	0,419	0,084	1,263	9,704	11,888	11,204	0,00083	0,03236	13-14	21	0,419	0,084	1,263	9,704	12,003	11,204	0,00078	0,03033
14-15	21,5	0,419	0,084	1,263	10,432	12,504	11,932	0,00076	0,03311	14-15	22	0,419	0,084	1,263	10,432	12,617	11,932	0,00073	0,03106
15-16	22,5	0,419	0,084	1,263	11,159	13,141	12,659	0,00070	0,03381	15-16	23	0,419	0,084	1,263	11,159	13,251	12,659	0,00067	0,03173

Tabel 2. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 17										Pemadatan 18									
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_{17}	σ'_c	Sc	$\sum Sc$	Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_{18}	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m						(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	8,5	0,547	0,109	1,527	0,310	6,511	1,810	0,00398	0,00398	0-1	9	0,547	0,109	1,527	0,310	6,781	1,810	0,00382	0,00382
1-2	9,5	0,547	0,109	1,527	0,930	6,741	2,430	0,00361	0,00759	1-2	10	0,547	0,109	1,527	0,930	6,993	2,430	0,00345	0,00727
2-3	10,5	0,547	0,109	1,527	1,550	6,936	3,050	0,00328	0,01087	2-3	11	0,547	0,109	1,527	1,550	7,170	3,050	0,00312	0,01040
3-4	11,5	0,547	0,109	1,527	2,170	7,146	3,670	0,00306	0,01393	3-4	12	0,547	0,109	1,527	2,170	7,362	3,670	0,00280	0,01320
4-5	12,5	0,547	0,109	1,527	2,790	7,370	4,290	0,00273	0,01666	4-5	13	0,547	0,109	1,527	2,790	7,577	4,290	0,00261	0,01580
5-6	13,5	0,519	0,104	1,435	3,432	7,664	4,932	0,00242	0,01908	5-6	14	0,519	0,104	1,435	3,432	7,853	4,932	0,00225	0,01806
6-7	14,5	0,519	0,104	1,435	4,095	7,985	5,595	0,00217	0,02125	6-7	15	0,519	0,104	1,435	4,095	8,165	5,595	0,00206	0,02012
7-8	15,5	0,519	0,104	1,435	4,759	8,380	6,259	0,00201	0,02326	7-8	16	0,519	0,104	1,435	4,759	8,555	6,259	0,00191	0,02202
8-9	16,5	0,532	0,106	1,418	5,435	8,806	6,935	0,00180	0,02506	8-9	17	0,532	0,106	1,418	5,435	8,970	6,935	0,00176	0,02379
9-10	17,5	0,532	0,106	1,418	6,124	9,263	7,624	0,00167	0,02672	9-10	18	0,532	0,106	1,418	6,124	9,422	7,624	0,00162	0,02541
10-11	18,5	0,532	0,106	1,418	6,814	9,757	8,314	0,00155	0,02827	10-11	19	0,532	0,106	1,418	6,814	9,910	8,314	0,00149	0,02690
11-12	19,5	0,419	0,084	1,263	8,249	11,011	9,749	0,00105	0,02932	11-12	20	0,419	0,084	1,263	8,249	11,155	9,749	0,00105	0,02794
12-13	20,5	0,419	0,084	1,263	8,977	11,571	10,477	0,00088	0,03020	12-13	21	0,419	0,084	1,263	8,977	11,711	10,477	0,00097	0,02891
13-14	21,5	0,419	0,084	1,263	9,704	12,120	11,204	0,00078	0,03098	13-14	22	0,419	0,084	1,263	9,704	12,251	11,204	0,00087	0,02978
14-15	22,5	0,419	0,084	1,263	10,432	12,730	11,932	0,00072	0,03170	14-15	23	0,419	0,084	1,263	10,432	12,847	11,932	0,00074	0,03052
15-16	23,5	0,419	0,084	1,263	11,159	13,362	12,659	0,00068	0,03238	15-16	24	0,419	0,084	1,263	11,159	13,474	12,659	0,00067	0,03119

Tabel 2. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 19		H timb	0,500	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_{19}	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	9,5	0,547	0,109	1,527	0,310	7,051	1,810	0,00367	0,00367
1-2	10,5	0,547	0,109	1,527	0,930	7,245	2,430	0,00333	0,00700
2-3	11,5	0,547	0,109	1,527	1,550	7,404	3,050	0,00302	0,01002
3-4	12,5	0,547	0,109	1,527	2,170	7,578	3,670	0,00272	0,01274
4-5	13,5	0,547	0,109	1,527	2,790	7,784	4,290	0,00254	0,01528
5-6	14,5	0,519	0,104	1,435	3,432	8,042	4,932	0,00220	0,01748
6-7	15,5	0,519	0,104	1,435	4,095	8,345	5,595	0,00202	0,01950
7-8	16,5	0,519	0,104	1,435	4,759	8,729	6,259	0,00187	0,02136
8-9	17,5	0,532	0,106	1,418	5,435	9,134	6,935	0,00173	0,02310
9-10	18,5	0,532	0,106	1,418	6,124	9,580	7,624	0,00159	0,02469
10-11	19,5	0,532	0,106	1,418	6,814	10,063	8,314	0,00147	0,02616
11-12	20,5	0,419	0,084	1,263	8,249	11,299	9,749	0,00103	0,02719
12-13	21,5	0,419	0,084	1,263	8,977	11,852	10,477	0,00096	0,02815
13-14	22,5	0,419	0,084	1,263	9,704	12,383	11,204	0,00086	0,02901
14-15	23,5	0,419	0,084	1,263	10,432	12,964	11,932	0,00073	0,02974
15-16	24,5	0,419	0,084	1,263	11,159	13,586	12,659	0,00066	0,03040

Pemadatan 20		H timb	H timbunan =	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_{20}	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	9,9	0,547	0,109	1,527	0,310	7,321	1,810	0,00353	0,00353
1-2	10,9	0,547	0,109	1,527	0,930	7,497	2,430	0,00322	0,00675
2-3	11,9	0,547	0,109	1,527	1,550	7,638	3,050	0,00293	0,00968
3-4	12,9	0,547	0,109	1,527	2,170	7,794	3,670	0,00264	0,01232
4-5	13,9	0,547	0,109	1,527	2,790	7,991	4,290	0,00247	0,01479
5-6	14,9	0,519	0,104	1,435	3,432	8,231	4,932	0,00215	0,01694
6-7	15,9	0,519	0,104	1,435	4,095	8,525	5,595	0,00197	0,01891
7-8	16,9	0,519	0,104	1,435	4,759	8,904	6,259	0,00183	0,02074
8-9	17,9	0,532	0,106	1,418	5,435	9,298	6,935	0,00170	0,02244
9-10	18,9	0,532	0,106	1,418	6,124	9,739	7,624	0,00157	0,02401
10-11	19,9	0,532	0,106	1,418	6,814	10,216	8,314	0,00144	0,02546
11-12	20,9	0,419	0,084	1,263	8,249	11,443	9,749	0,00102	0,02648
12-13	21,9	0,419	0,084	1,263	8,977	11,992	10,477	0,00095	0,02742
13-14	22,9	0,419	0,084	1,263	9,704	12,514	11,204	0,00085	0,02827
14-15	23,9	0,419	0,084	1,263	10,432	13,081	11,932	0,00072	0,02900
15-16	24,9	0,419	0,084	1,263	11,159	13,697	12,659	0,00066	0,02966

Tabel 3. Hasil Perhitungan Perubahan Tegangan untuk $U < 100\%$ Akibat Penimbunan Bertahap 20 Minggu

Tegangan efektif																							
Tegangan	Hi	z	Po'	σ1'	σ2'	σ3'	σ4'	σ5'	σ6'	σ7'	σ8'	σ9'	σ10'	σ11'	σ12'	σ13'	σ14'	σ15'	σ16'	σ17'	σ18'	σ19'	σ20'
	(m)	(m)	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2
Kedalaman			H= 0m	H= 0,5m	H= 1m	H= 1,5m	H= 2m	H= 2,5m	H= 3m	H= 3,5m	H= 4m	H= 4,5m	H= 5m	H= 5,5m	H= 6m	H= 6,5m	H= 7m	H= 7,5m	H= 8m	H= 8,5m	H= 9m	H= 9,5m	H= 9,9m
1	1	0,5	0,31	0,76	1,21	1,66	2,09	2,52	2,93	3,33	3,71	4,08	4,43	4,77	5,09	5,39	5,69	5,97	6,24	6,51	6,78	7,05	7,32
2	1	1,5	0,93	1,37	1,81	2,24	2,65	3,05	3,43	3,80	4,16	4,50	4,82	5,13	5,42	5,71	5,98	6,23	6,49	6,74	6,99	7,24	7,50
3	1	2,5	1,55	1,98	2,40	2,80	3,17	3,54	3,90	4,24	4,56	4,87	5,16	5,45	5,72	5,97	6,22	6,47	6,70	6,94	7,17	7,40	7,64
4	1	3,5	2,17	2,58	2,95	3,32	3,68	4,02	4,34	4,65	4,94	5,23	5,50	5,76	6,01	6,26	6,49	6,70	6,92	7,15	7,36	7,58	7,79
5	1	4,5	2,79	3,16	3,52	3,86	4,19	4,49	4,79	5,07	5,34	5,60	5,85	6,09	6,32	6,54	6,75	6,96	7,16	7,37	7,58	7,78	7,99
6	1	5,5	3,43	3,77	4,10	4,40	4,70	4,99	5,26	5,51	5,76	6,01	6,24	6,46	6,67	6,88	7,09	7,28	7,47	7,66	7,85	8,04	8,23
7	1	6,5	4,10	4,40	4,70	4,98	5,25	5,52	5,77	6,01	6,24	6,46	6,67	6,87	7,07	7,26	7,45	7,62	7,80	7,99	8,17	8,35	8,53
8	1	7,5	4,76	5,05	5,32	5,58	5,83	6,07	6,30	6,52	6,73	6,93	7,14	7,34	7,52	7,70	7,87	8,04	8,20	8,38	8,55	8,73	8,90
9	1	8,5	5,43	5,70	5,95	6,19	6,42	6,64	6,85	7,06	7,25	7,45	7,64	7,82	7,99	8,16	8,32	8,48	8,64	8,81	8,97	9,13	9,30
10	1	9,5	6,12	6,36	6,59	6,81	7,02	7,23	7,43	7,62	7,80	7,98	8,16	8,32	8,48	8,64	8,80	8,96	9,10	9,26	9,42	9,58	9,74
11	1	10,5	6,81	7,03	7,25	7,45	7,65	7,85	8,04	8,21	8,37	8,54	8,70	8,86	9,02	9,18	9,32	9,46	9,60	9,76	9,91	10,06	10,22
12	1	11,5	8,25	8,45	8,65	8,84	9,03	9,21	9,39	9,55	9,72	9,87	10,03	10,19	10,33	10,47	10,61	10,75	10,87	11,01	11,15	11,30	11,44
13	1	12,5	8,98	9,17	9,35	9,53	9,71	9,88	10,04	10,21	10,36	10,51	10,66	10,80	10,94	11,08	11,20	11,33	11,44	11,57	11,71	11,85	11,99
14	1	13,5	9,70	9,88	10,05	10,22	10,38	10,54	10,69	10,84	10,99	11,13	11,27	11,40	11,52	11,65	11,77	11,89	12,00	12,12	12,25	12,38	12,51
15	1	14,5	10,43	10,60	10,76	10,92	11,08	11,22	11,37	11,51	11,65	11,79	11,92	12,04	12,15	12,27	12,39	12,50	12,62	12,73	12,85	12,96	13,08
16	1	15,5	11,16	11,32	11,48	11,63	11,78	11,92	12,06	12,20	12,32	12,45	12,57	12,69	12,80	12,91	13,03	13,14	13,25	13,36	13,47	13,59	13,70

Tabel 4. Hasil Perhitungan Perubahan Tegangan untuk $U < 100\%$ Akibat Penimbunan Bertahap 20 Minggu

Derajat Konsolidasi U<100%																						
erubahan Tegang	Po'	ΔP1'	ΔP2'	ΔP3'	ΔP4'	ΔP5'	ΔP6'	ΔP7'	ΔP8'	ΔP9'	ΔP10'	ΔP11'	ΔP12'	ΔP13'	ΔP14'	ΔP15'	ΔP16'	ΔP17'	ΔP18'	ΔP19'	ΔP20'	Σσ'
	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2
Tinggi Timbunan	H= 0m	H= 0,5m	H= 1m	H= 1,5m	H= 2m	H= 2,5m	H= 3m	H= 3,5m	H= 4m	H= 4,5m	H= 5m	H= 5,5m	H= 6m	H= 6,5m	H= 7m	H= 7,5m	H= 8m	H= 8,5m	H= 9m	H= 9,5m	H= 9,9m	
Umur Timbunan	-	20 minggu	19 minggu	18 minggu	17 minggu	16 minggu	15 minggu	14 minggu	13 minggu	12 minggu	11 minggu	10 minggu	9 minggu	8 minggu	7 minggu	6 minggu	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu	
Kedalaman/ U	-	0,90251	0,89068969	0,87743	0,862547	0,8458516	0,8271162	0,806089	0,7824861	0,75598746	0,72623168	0,6928104	0,655261	0,613059	0,565606	0,512217	0,452101	0,384331	0,307791	0,221052	0,121957	
1	0,310	0,386	0,390	0,384	0,370	0,357	0,338	0,315	0,291	0,276	0,256	0,229	0,208	0,185	0,164	0,144	0,121	0,102	0,082	0,059	0,032	4,999
2	0,930	0,390	0,387	0,371	0,353	0,333	0,309	0,296	0,276	0,253	0,233	0,210	0,193	0,173	0,151	0,130	0,113	0,096	0,077	0,055	0,030	5,359
3	1,550	0,385	0,365	0,347	0,323	0,309	0,292	0,271	0,251	0,229	0,211	0,195	0,175	0,156	0,141	0,123	0,103	0,090	0,071	0,051	0,028	5,671
4	2,170	0,362	0,334	0,321	0,305	0,284	0,266	0,245	0,229	0,214	0,195	0,180	0,164	0,151	0,129	0,110	0,095	0,087	0,066	0,047	0,026	5,981
5	2,790	0,331	0,319	0,298	0,278	0,257	0,243	0,228	0,210	0,192	0,182	0,165	0,151	0,132	0,119	0,105	0,091	0,080	0,063	0,045	0,025	6,306
6	3,432	0,307	0,287	0,267	0,255	0,239	0,222	0,207	0,196	0,185	0,168	0,149	0,140	0,125	0,116	0,099	0,083	0,075	0,058	0,041	0,023	6,676
7	4,095	0,275	0,264	0,249	0,232	0,224	0,208	0,191	0,182	0,163	0,155	0,139	0,129	0,115	0,104	0,090	0,079	0,071	0,055	0,039	0,022	7,081
8	4,759	0,259	0,240	0,228	0,217	0,205	0,190	0,174	0,167	0,152	0,150	0,134	0,122	0,110	0,096	0,083	0,073	0,069	0,053	0,038	0,021	7,540
9	5,435	0,235	0,224	0,213	0,201	0,182	0,175	0,163	0,154	0,146	0,137	0,124	0,115	0,101	0,091	0,083	0,071	0,063	0,050	0,036	0,020	8,020
10	6,124	0,211	0,208	0,192	0,183	0,170	0,165	0,153	0,143	0,136	0,128	0,114	0,106	0,097	0,089	0,081	0,065	0,061	0,048	0,035	0,019	8,529
11	6,814	0,195	0,192	0,181	0,170	0,164	0,159	0,135	0,129	0,129	0,117	0,111	0,103	0,093	0,081	0,072	0,063	0,060	0,047	0,034	0,019	9,068
12	8,249	0,178	0,184	0,166	0,163	0,152	0,146	0,133	0,127	0,120	0,115	0,106	0,094	0,088	0,079	0,067	0,055	0,054	0,044	0,032	0,017	10,369
13	8,977	0,170	0,168	0,158	0,152	0,144	0,134	0,130	0,124	0,113	0,104	0,097	0,092	0,086	0,069	0,064	0,053	0,048	0,043	0,031	0,017	10,975
14	9,704	0,154	0,152	0,150	0,140	0,134	0,126	0,123	0,113	0,109	0,102	0,090	0,080	0,076	0,066	0,063	0,052	0,045	0,040	0,029	0,016	11,563
15	10,432	0,149	0,144	0,139	0,136	0,125	0,119	0,116	0,110	0,106	0,091	0,083	0,075	0,072	0,065	0,060	0,051	0,043	0,036	0,026	0,014	12,193
16	11,159	0,146	0,141	0,134	0,124	0,119	0,116	0,113	0,098	0,095	0,089	0,081	0,073	0,069	0,064	0,058	0,050	0,043	0,034	0,025	0,014	12,845

Tabel 5. Hasil Perhitungan Peningkatan Cu

Kedalaman	PI	Cu Lama	Cu Baru
(m)		t/m ²	t/m ²
0-1	31,730	3,389	1,431
1-2	31,730	3,389	1,481
2-3	31,730	3,389	1,524
3-4	31,730	3,389	1,567
4-5	31,730	3,389	1,612
5-6	33,940	4,624	1,640
6-7	33,940	4,624	1,695
7-8	33,940	4,624	1,757
8-9	28,790	3,725	1,888
9-10	28,790	3,725	1,961
10-11	28,790	3,725	2,039
11-12	30,295	6,687	2,200
12-13	30,295	6,687	2,286
13-14	30,295	6,687	2,369
14-15	30,295	6,687	2,458
15-16	30,295	6,687	2,550

H oprit = 7 m

Tabel 6. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap

Pemadatan ke 1				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	0,5	5,500	=	11,000	=	0,250	0,500	0,450
1-2	1,5	5,500	=	3,667	=	0,245	0,490	0,441
2-3	2,5	5,500	=	2,200	=	0,240	0,480	0,432
3-4	3,5	5,500	=	1,571	=	0,225	0,450	0,405
4-5	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410	0,369
5-6	5,5	5,500	=	1,000	=	0,190	0,380	0,342
6-7	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
7-8	7,5	5,500	=	0,733	=	0,160	0,320	0,288
8-9	8,5	5,500	=	0,647	=	0,145	0,290	0,261
9-10	9,5	5,500	=	0,579	=	0,130	0,260	0,234
10-11	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
11-12	11,5	5,500	=	0,478	=	0,110	0,220	0,198
12-13	12,5	5,500	=	0,440	=	0,105	0,210	0,189
13-14	13,5	5,500	=	0,407	=	0,095	0,190	0,171
14-15	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166
15-16	15,5	5,500	=	0,355	=	0,090	0,180	0,162

Pemadatan ke 2				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	1,0	5,500	=	5,500	=	0,250	0,500	0,450
1-2	2,0	5,500	=	2,750	=	0,245	0,490	0,441
2-3	3,0	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414
3-4	4,0	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378
4-5	5,0	5,500	=	1,100	=	0,200	0,400	0,360
5-6	6,0	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
6-7	7,0	5,500	=	0,786	=	0,165	0,330	0,297
7-8	8,0	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
8-9	9,0	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
9-10	10,0	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260	0,234
10-11	11,0	5,500	=	0,500	=	0,120	0,240	0,216
11-12	12,0	5,500	=	0,458	=	0,115	0,230	0,207
12-13	13,0	5,500	=	0,423	=	0,105	0,210	0,189
13-14	14,0	5,500	=	0,393	=	0,095	0,190	0,171
14-15	15,0	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
15-16	16,0	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158

Pemadatan ke 3				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	1,5	5,500	=	3,67	=	0,248	0,496	0,446
1-2	2,5	5,500	=	2,20	=	0,238	0,476	0,428
2-3	3,5	5,500	=	1,57	=	0,222	0,444	0,400
3-4	4,5	5,500	=	1,22	=	0,205	0,41	0,369
4-5	5,5	5,500	=	1,00	=	0,19	0,38	0,342
5-6	6,5	5,500	=	0,85	=	0,17	0,34	0,306
6-7	7,5	5,500	=	0,73	=	0,158	0,316	0,284
7-8	8,5	5,500	=	0,65	=	0,145	0,29	0,261
8-9	9,5	5,500	=	0,58	=	0,135	0,27	0,243
9-10	10,5	5,500	=	0,52	=	0,122	0,244	0,220
10-11	11,5	5,500	=	0,48	=	0,115	0,23	0,207
11-12	12,5	5,500	=	0,44	=	0,105	0,21	0,189
12-13	13,5	5,500	=	0,41	=	0,1	0,2	0,180
13-14	14,5	5,500	=	0,38	=	0,095	0,19	0,171
14-15	15,5	5,500	=	0,35	=	0,088	0,176	0,158
15-16	16,5	5,500	=	0,33	=	0,085	0,17	0,153

Tabel 6. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 4				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	2,0	5,500	=	2,750	=	0,242	0,484	0,436
1-2	3	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414
2-3	4	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378
3-4	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
4-5	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
5-6	7	5,500	=	0,786	=	0,165	0,330	0,297
6-7	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
7-8	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
8-9	10	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260	0,234
9-10	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212
10-11	12	5,500	=	0,458	=	0,110	0,220	0,198
11-12	13	5,500	=	0,423	=	0,105	0,210	0,189
12-13	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
13-14	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
14-15	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
15-16	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144

Pemadatan ke 5				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	2,5	5,500	=	2,200	=	0,238	0,476	0,428
1-2	3,5	5,500	=	1,571	=	0,221	0,442	0,398
2-3	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410	0,369
3-4	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376	0,338
4-5	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
5-6	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
6-7	8,5	5,500	=	0,647	=	0,148	0,296	0,266
7-8	9,5	5,500	=	0,579	=	0,135	0,270	0,243
8-9	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
9-10	11,5	5,500	=	0,478	=	0,112	0,224	0,202
10-11	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216	0,194
11-12	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180
12-13	14,5	5,500	=	0,379	=	0,095	0,190	0,171
13-14	15,5	5,500	=	0,355	=	0,088	0,176	0,158
14-15	16,5	5,500	=	0,333	=	0,082	0,164	0,148
15-16	17,5	5,500	=	0,314	=	0,078	0,156	0,140

Pemadatan ke 6				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	3	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414
1-2	4	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378
2-3	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
3-4	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
4-5	7	5,500	=	0,786	=	0,164	0,328	0,295
5-6	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
6-7	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
7-8	10	5,500	=	0,550	=	0,128	0,256	0,230
8-9	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212
9-10	12	5,500	=	0,458	=	0,111	0,222	0,200
10-11	13	5,500	=	0,423	=	0,107	0,214	0,193
11-12	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
12-13	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
13-14	16	5,500	=	0,344	=	0,085	0,170	0,153
14-15	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
15-16	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140

Tabel 6. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 7				H timbunan = 0,500		m	
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m				
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I
(m)	(m)	(m)	(m)				(t/m ²)
0-1	3,5	5,500	=	1,571	=	0,220	0,440
1-2	4,5	5,500	=	1,222	=	0,206	0,412
2-3	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376
3-4	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340
4-5	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316
5-6	8,5	5,500	=	0,647	=	0,143	0,286
6-7	9,5	5,500	=	0,579	=	0,132	0,264
7-8	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240
8-9	11,5	5,500	=	0,478	=	0,113	0,226
9-10	12,5	5,500	=	0,440	=	0,106	0,212
10-11	13,5	5,500	=	0,407	=	0,093	0,186
11-12	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184
12-13	15,5	5,500	=	0,355	=	0,090	0,180
13-14	16,5	5,500	=	0,333	=	0,085	0,170
14-15	17,5	5,500	=	0,314	=	0,080	0,160
15-16	18,5	5,500	=	0,297	=	0,078	0,156

Pemadatan ke 8				H timbunan = 0,500		m	
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m				
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I
(m)	(m)	(m)	(m)				(t/m ²)
0-1	4,0	5,500	=	1,375	=	0,209	0,418
1-2	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396
2-3	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360
3-4	7	5,500	=	0,786	=	0,164	0,328
4-5	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300
5-6	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280
6-7	10	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260
7-8	11	5,500	=	0,500	=	0,119	0,238
8-9	12	5,500	=	0,458	=	0,110	0,220
9-10	13	5,500	=	0,423	=	0,102	0,204
10-11	14	5,500	=	0,393	=	0,092	0,184
11-12	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180
12-13	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176
13-14	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160
14-15	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156
15-16	19	5,500	=	0,289	=	0,070	0,140

Pemadatan ke 9				H timbunan = 0,500		m	
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m				
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I
(m)	(m)	(m)	(m)				(t/m ²)
0-1	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410
1-2	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376
2-3	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340
3-4	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316
4-5	8,5	5,500	=	0,647	=	0,142	0,284
5-6	9,5	5,500	=	0,579	=	0,137	0,274
6-7	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240
7-8	11,5	5,500	=	0,478	=	0,112	0,224
8-9	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216
9-10	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200
10-11	14,5	5,500	=	0,379	=	0,095	0,190
11-12	15,5	5,500	=	0,355	=	0,088	0,176
12-13	16,5	5,500	=	0,333	=	0,083	0,166
13-14	17,5	5,500	=	0,314	=	0,080	0,160
14-15	18,5	5,500	=	0,297	=	0,078	0,156
15-16	19,5	5,500	=	0,282	=	0,070	0,140

Tabel 6. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 10				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	5,0	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
1-2	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
2-3	7	5,500	=	0,786	=	0,163	0,326	0,293
3-4	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
4-5	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
5-6	10	5,500	=	0,550	=	0,129	0,258	0,232
6-7	11	5,500	=	0,500	=	0,119	0,238	0,214
7-8	12	5,500	=	0,458	=	0,115	0,230	0,207
8-9	13	5,500	=	0,423	=	0,105	0,210	0,189
9-10	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
10-11	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
11-12	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
12-13	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
13-14	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140
14-15	19	5,500	=	0,289	=	0,070	0,140	0,126
15-16	20	5,500	=	0,275	=	0,068	0,136	0,122

Pemadatan ke 11				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	5,5	5,500	=	1,000	=	0,186	0,372	0,335
1-2	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
2-3	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
3-4	8,5	5,500	=	0,647	=	0,145	0,290	0,261
4-5	9,5	5,500	=	0,579	=	0,133	0,266	0,239
5-6	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
6-7	11,5	5,500	=	0,478	=	0,112	0,224	0,202
7-8	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216	0,194
8-9	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180
9-10	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166
10-11	15,5	5,500	=	0,355	=	0,089	0,178	0,160
11-12	16,5	5,500	=	0,333	=	0,085	0,170	0,153
12-13	17,5	5,500	=	0,314	=	0,078	0,156	0,140
13-14	18,5	5,500	=	0,297	=	0,072	0,144	0,130
14-15	19,5	5,500	=	0,282	=	0,067	0,134	0,121
15-16	20,5	5,500	=	0,268	=	0,065	0,130	0,117

Pemadatan ke 12				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	6,0	5,500	=	0,917	=	0,178	0,356	0,320
1-2	7	5,500	=	0,786	=	0,165	0,330	0,297
2-3	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
3-4	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
4-5	10	5,500	=	0,550	=	0,129	0,258	0,232
5-6	11	5,500	=	0,500	=	0,119	0,238	0,214
6-7	12	5,500	=	0,458	=	0,110	0,220	0,198
7-8	13	5,500	=	0,423	=	0,104	0,208	0,187
8-9	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
9-10	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
10-11	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
11-12	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
12-13	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140
13-14	19	5,500	=	0,289	=	0,068	0,136	0,122
14-15	20	5,500	=	0,275	=	0,064	0,128	0,115
15-16	21	5,500	=	0,262	=	0,062	0,124	0,112

Tabel 6. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 13				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	l	2l	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
1-2	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
2-3	8,5	5,500	=	0,647	=	0,143	0,286	0,257
3-4	9,5	5,500	=	0,579	=	0,138	0,276	0,248
4-5	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
5-6	11,5	5,500	=	0,478	=	0,114	0,228	0,205
6-7	12,5	5,500	=	0,440	=	0,105	0,210	0,189
7-8	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180
8-9	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166
9-10	15,5	5,500	=	0,355	=	0,088	0,176	0,158
10-11	16,5	5,500	=	0,333	=	0,085	0,170	0,153
11-12	17,5	5,500	=	0,314	=	0,080	0,160	0,144
12-13	18,5	5,500	=	0,297	=	0,078	0,156	0,140
13-14	19,5	5,500	=	0,282	=	0,069	0,138	0,124
14-15	20,5	5,500	=	0,268	=	0,065	0,130	0,117
15-16	21,5	5,500	=	0,256	=	0,063	0,126	0,113

Pemadatan ke 14				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	l	2l	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	7,0	5,500	=	0,786	=	0,163	0,326	0,293
1-2	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
2-3	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
3-4	10	5,500	=	0,550	=	0,128	0,256	0,230
4-5	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212
5-6	12	5,500	=	0,458	=	0,115	0,230	0,207
6-7	13	5,500	=	0,423	=	0,103	0,206	0,185
7-8	14	5,500	=	0,393	=	0,095	0,190	0,171
8-9	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
9-10	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
10-11	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
11-12	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140
12-13	19	5,500	=	0,289	=	0,068	0,136	0,122
13-14	20	5,500	=	0,275	=	0,065	0,130	0,117
14-15	21	5,500	=	0,262	=	0,064	0,128	0,115
15-16	22	5,500	=	0,250	=	0,063	0,126	0,113

Pemadatan ke 15				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	l	2l	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
1-2	8,5	5,500	=	0,647	=	0,143	0,286	0,257
2-3	9,5	5,500	=	0,579	=	0,135	0,270	0,243
3-4	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
4-5	11,5	5,500	=	0,478	=	0,115	0,230	0,207
5-6	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216	0,194
6-7	13,5	5,500	=	0,407	=	0,098	0,196	0,176
7-8	14,5	5,500	=	0,379	=	0,091	0,182	0,164
8-9	15,5	5,500	=	0,355	=	0,090	0,180	0,162
9-10	16,5	5,500	=	0,333	=	0,088	0,176	0,158
10-11	17,5	5,500	=	0,314	=	0,078	0,156	0,140
11-12	18,5	5,500	=	0,297	=	0,073	0,146	0,131
12-13	19,5	5,500	=	0,282	=	0,070	0,140	0,126
13-14	20,5	5,500	=	0,268	=	0,068	0,136	0,122
14-15	21,5	5,500	=	0,256	=	0,065	0,130	0,117
15-16	22,5	5,500	=	0,244	=	0,063	0,126	0,113

Tabel 6. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 16				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m				
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m2)
0-1	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
1-2	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
2-3	10	5,500	=	0,550	=	0,128	0,256	0,230
3-4	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212
4-5	12	5,500	=	0,458	=	0,113	0,226	0,203
5-6	13	5,500	=	0,423	=	0,103	0,206	0,185
6-7	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
7-8	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
8-9	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
9-10	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
10-11	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140
11-12	19	5,500	=	0,289	=	0,068	0,136	0,122
12-13	20	5,500	=	0,275	=	0,065	0,130	0,117
13-14	21	5,500	=	0,262	=	0,064	0,128	0,115
14-15	22	5,500	=	0,250	=	0,063	0,126	0,113
15-16	23	5,500	=	0,239	=	0,061	0,122	0,110

Pemadatan ke 17				H timbunan = 0,700		m		
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m				
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m2)
0-1	8,7	5,500	=	0,632	=	0,150	0,300	0,270
1-2	9,7	5,500	=	0,567	=	0,140	0,280	0,252
2-3	10,7	5,500	=	0,514	=	0,128	0,256	0,230
3-4	11,7	5,500	=	0,470	=	0,118	0,236	0,212
4-5	12,7	5,500	=	0,433	=	0,113	0,226	0,203
5-6	13,7	5,500	=	0,401	=	0,103	0,206	0,185
6-7	14,7	5,500	=	0,374	=	0,098	0,196	0,176
7-8	15,7	5,500	=	0,350	=	0,090	0,180	0,162
8-9	16,7	5,500	=	0,329	=	0,088	0,176	0,158
9-10	17,7	5,500	=	0,311	=	0,080	0,160	0,144
10-11	18,7	5,500	=	0,294	=	0,078	0,156	0,140
11-12	19,7	5,500	=	0,279	=	0,068	0,136	0,122
12-13	20,7	5,500	=	0,266	=	0,065	0,130	0,117
13-14	21,7	5,500	=	0,253	=	0,064	0,128	0,115
14-15	22,7	5,500	=	0,242	=	0,063	0,126	0,113
15-16	23,7	5,500	=	0,232	=	0,061	0,122	0,110

Tabel 7. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap

Pemadatan 1		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'o	σ1'	σ'c	Sc	ΣSc
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m
0-1	0,5	0,547	0,109	1,527	0,310	0,760	1,810	0,01687	0,01687
1-2	1,5	0,547	0,109	1,527	0,930	1,371	2,430	0,00730	0,02417
2-3	2,5	0,547	0,109	1,527	1,550	1,982	3,050	0,00462	0,02879
3-4	3,5	0,547	0,109	1,527	2,170	2,575	3,670	0,00322	0,03201
4-5	4,5	0,547	0,109	1,527	2,790	3,159	4,290	0,00234	0,03435
5-6	5,5	0,519	0,104	1,435	3,432	3,774	4,932	0,00176	0,03611
6-7	6,5	0,519	0,104	1,435	4,095	4,401	5,595	0,00133	0,03744
7-8	7,5	0,519	0,104	1,435	4,759	5,047	6,259	0,00109	0,03853
8-9	8,5	0,532	0,106	1,418	5,435	5,696	6,935	0,00090	0,03942
9-10	9,5	0,532	0,106	1,418	6,124	6,358	7,624	0,00072	0,04014
10-11	10,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,030	8,314	0,00060	0,04074
11-12	11,5	0,419	0,084	1,263	8,249	8,447	9,749	0,00038	0,04112
12-13	12,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,166	10,477	0,00034	0,04146
13-14	13,5	0,419	0,084	1,263	9,704	9,875	11,204	0,00028	0,04174
14-15	14,5	0,419	0,084	1,263	10,432	10,597	11,932	0,00025	0,04199
15-16	15,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,321	12,659	0,00023	0,04222

Pemadatan 2		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'o	σ2'	σ'c	Sc	ΣSc
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m
0-1	1,0	0,547	0,109	1,527	0,310	1,210	1,810	0,00875	0,00875
1-2	2,0	0,547	0,109	1,527	0,930	1,812	2,430	0,00525	0,01400
2-3	3,0	0,547	0,109	1,527	1,550	2,396	3,050	0,00357	0,01756
3-4	4,0	0,547	0,109	1,527	2,170	2,953	3,670	0,00258	0,02014
4-5	5,0	0,547	0,109	1,527	2,790	3,519	4,290	0,00203	0,02217
5-6	6,0	0,519	0,104	1,435	3,432	4,098	4,932	0,00152	0,02369
6-7	7,0	0,519	0,104	1,435	4,095	4,698	5,595	0,00121	0,02490
7-8	8,0	0,519	0,104	1,435	4,759	5,317	6,259	0,00096	0,02587
8-9	9,0	0,532	0,106	1,418	5,435	5,948	6,935	0,00083	0,02669
9-10	10,0	0,532	0,106	1,418	6,124	6,592	7,624	0,00069	0,02739
10-11	11,0	0,532	0,106	1,418	6,814	7,246	8,314	0,00058	0,02796
11-12	12,0	0,419	0,084	1,263	8,249	8,654	9,749	0,00039	0,02835
12-13	13,0	0,419	0,084	1,263	8,977	9,355	10,477	0,00033	0,02868
13-14	14,0	0,419	0,084	1,263	9,704	10,046	11,204	0,00028	0,02896
14-15	15,0	0,419	0,084	1,263	10,432	10,759	11,932	0,00024	0,02920
15-16	16,0	0,419	0,084	1,263	11,159	11,480	12,659	0,00022	0,02943

Tabel 7. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 3		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_o	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	1,5	0,547	0,109	1,527	0,310	1,656	1,810	0,00591	0,00591
1-2	2,5	0,547	0,109	1,527	0,930	2,241	2,430	0,00399	0,00990
2-3	3,5	0,547	0,109	1,527	1,550	2,796	3,050	0,00290	0,01280
3-4	4,5	0,547	0,109	1,527	2,170	3,322	3,670	0,00221	0,01502
4-5	5,5	0,547	0,109	1,527	2,790	3,861	4,290	0,00174	0,01676
5-6	6,5	0,519	0,104	1,435	3,432	4,404	4,932	0,00133	0,01809
6-7	7,5	0,519	0,104	1,435	4,095	4,983	5,595	0,00109	0,01918
7-8	8,5	0,519	0,104	1,435	4,759	5,578	6,259	0,00089	0,02007
8-9	9,5	0,532	0,106	1,418	5,435	6,191	6,935	0,00077	0,02083
9-10	10,5	0,532	0,106	1,418	6,124	6,812	7,624	0,00063	0,02146
10-11	11,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,453	8,314	0,00054	0,02200
11-12	12,5	0,419	0,084	1,263	8,249	8,843	9,749	0,00035	0,02235
12-13	13,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,535	10,477	0,00031	0,02265
13-14	14,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,217	11,204	0,00027	0,02292
14-15	15,5	0,419	0,084	1,263	10,432	10,918	11,932	0,00024	0,02316
15-16	16,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,633	12,659	0,00021	0,02337

Pemadatan 4		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_o	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	2	0,547	0,109	1,527	0,310	2,092	1,810	0,01529	0,01529
1-2	3	0,547	0,109	1,527	0,930	2,655	2,430	0,00984	0,02512
2-3	4	0,547	0,109	1,527	1,550	3,174	3,050	0,00537	0,03050
3-4	5	0,547	0,109	1,527	2,170	3,679	3,670	0,00209	0,03259
4-5	6	0,547	0,109	1,527	2,790	4,185	4,290	0,00152	0,03410
5-6	7	0,519	0,104	1,435	3,432	4,701	4,932	0,00121	0,03531
6-7	8	0,519	0,104	1,435	4,095	5,253	5,595	0,00098	0,03629
7-8	9	0,519	0,104	1,435	4,759	5,830	6,259	0,00082	0,03711
8-9	10	0,532	0,106	1,418	5,435	6,425	6,935	0,00071	0,03781
9-10	11	0,532	0,106	1,418	6,124	7,024	7,624	0,00059	0,03840
10-11	12	0,532	0,106	1,418	6,814	7,651	8,314	0,00050	0,03890
11-12	13	0,419	0,084	1,263	8,249	9,032	9,749	0,00034	0,03924
12-13	14	0,419	0,084	1,263	8,977	9,711	10,477	0,00030	0,03954
13-14	15	0,419	0,084	1,263	9,704	10,379	11,204	0,00025	0,03979
14-15	16	0,419	0,084	1,263	10,432	11,076	11,932	0,00023	0,04002
15-16	17	0,419	0,084	1,263	11,159	11,777	12,659	0,00020	0,04022

Tabel 7. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 5		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_s	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	2,5	0,547	0,109	1,527	0,310	2,520	1,810	0,01752	0,01752
1-2	3,5	0,547	0,109	1,527	0,930	3,052	2,430	0,01314	0,03066
2-3	4,5	0,547	0,109	1,527	1,550	3,543	3,050	0,01035	0,04101
3-4	5,5	0,547	0,109	1,527	2,170	4,017	3,670	0,00828	0,04928
4-5	6,5	0,547	0,109	1,527	2,790	4,491	4,290	0,00477	0,05406
5-6	7,5	0,519	0,104	1,435	3,432	4,986	4,932	0,00188	0,05594
6-7	8,5	0,519	0,104	1,435	4,095	5,519	5,595	0,00092	0,05685
7-8	9,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,073	6,259	0,00076	0,05761
8-9	10,5	0,532	0,106	1,418	5,435	6,641	6,935	0,00063	0,05824
9-10	11,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,226	7,624	0,00054	0,05878
10-11	12,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,845	8,314	0,00048	0,05926
11-12	13,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,212	9,749	0,00032	0,05958
12-13	14,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,882	10,477	0,00028	0,05986
13-14	15,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,538	11,204	0,00024	0,06011
14-15	16,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,224	11,932	0,00021	0,06032
15-16	17,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,917	12,659	0,00019	0,06051

Pemadatan 6		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_s	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	3	0,547	0,109	1,527	0,310	2,934	1,810	0,01431	0,01431
1-2	4	0,547	0,109	1,527	0,930	3,430	2,430	0,01098	0,02529
2-3	5	0,547	0,109	1,527	1,550	3,899	3,050	0,00902	0,03431
3-4	6	0,547	0,109	1,527	2,170	4,341	3,670	0,00730	0,04160
4-5	7	0,547	0,109	1,527	2,790	4,787	4,290	0,00599	0,04759
5-6	8	0,519	0,104	1,435	3,432	5,256	4,932	0,00488	0,05247
6-7	9	0,519	0,104	1,435	4,095	5,771	5,595	0,00311	0,05558
7-8	10	0,519	0,104	1,435	4,759	6,303	6,259	0,00121	0,05679
8-9	11	0,532	0,106	1,418	5,435	6,853	6,935	0,00060	0,05740
9-10	12	0,532	0,106	1,418	6,124	7,426	7,624	0,00052	0,05792
10-11	13	0,532	0,106	1,418	6,814	8,038	8,314	0,00046	0,05838
11-12	14	0,419	0,084	1,263	8,249	9,389	9,749	0,00031	0,05869
12-13	15	0,419	0,084	1,263	8,977	10,044	10,477	0,00026	0,05895
13-14	16	0,419	0,084	1,263	9,704	10,691	11,204	0,00023	0,05918
14-15	17	0,419	0,084	1,263	10,432	11,368	11,932	0,00021	0,05939
15-16	18	0,419	0,084	1,263	11,159	12,057	12,659	0,00019	0,05957

Tabel 7. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 7										Pemadatan 8									
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_1	σ'_c	Sc	$\sum Sc$	Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_1	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m						(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	3,5	0,547	0,109	1,527	0,310	3,330	1,810	0,01191	0,01191	0-1	4	0,547	0,109	1,527	0,310	3,707	1,810	0,01007	0,01007
1-2	4,5	0,547	0,109	1,527	0,930	3,801	2,430	0,00966	0,02156	1-2	5	0,547	0,109	1,527	0,930	4,158	2,430	0,00843	0,01850
2-3	5,5	0,547	0,109	1,527	1,550	4,238	3,050	0,00783	0,02939	2-3	6	0,547	0,109	1,527	1,550	4,562	3,050	0,00693	0,02543
3-4	6,5	0,547	0,109	1,527	2,170	4,647	3,670	0,00641	0,03580	3-4	7	0,547	0,109	1,527	2,170	4,942	3,670	0,00579	0,03122
4-5	7,5	0,547	0,109	1,527	2,790	5,071	4,290	0,00543	0,04123	4-5	8	0,547	0,109	1,527	2,790	5,341	4,290	0,00488	0,03610
5-6	8,5	0,519	0,104	1,435	3,432	5,513	4,932	0,00442	0,04565	5-6	9	0,519	0,104	1,435	3,432	5,765	4,932	0,00413	0,04023
6-7	9,5	0,519	0,104	1,435	4,095	6,009	5,595	0,00373	0,04938	6-7	10	0,519	0,104	1,435	4,095	6,243	5,595	0,00353	0,04377
7-8	10,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,519	6,259	0,00312	0,05250	7-8	11	0,519	0,104	1,435	4,759	6,733	6,259	0,00299	0,04676
8-9	11,5	0,532	0,106	1,418	5,435	7,057	6,935	0,00189	0,05439	8-9	12	0,532	0,106	1,418	5,435	7,255	6,935	0,00265	0,04940
9-10	12,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,616	7,624	0,00049	0,05487	9-10	13	0,532	0,106	1,418	6,124	7,800	7,624	0,00220	0,05160
10-11	13,5	0,532	0,106	1,418	6,814	8,205	8,314	0,00039	0,05527	10-11	14	0,532	0,106	1,418	6,814	8,371	8,314	0,00091	0,05251
11-12	14,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,554	9,749	0,00028	0,05555	11-12	15	0,419	0,084	1,263	8,249	9,716	9,749	0,00027	0,05278
12-13	15,5	0,419	0,084	1,263	8,977	10,206	10,477	0,00026	0,05581	12-13	16	0,419	0,084	1,263	8,977	10,365	10,477	0,00025	0,05303
13-14	16,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,844	11,204	0,00023	0,05604	13-14	17	0,419	0,084	1,263	9,704	10,988	11,204	0,00021	0,05324
14-15	17,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,512	11,932	0,00020	0,05624	14-15	18	0,419	0,084	1,263	10,432	11,652	11,932	0,00020	0,05344
15-16	18,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,198	12,659	0,00019	0,05643	15-16	19	0,419	0,084	1,263	11,159	12,324	12,659	0,00017	0,05360

Tabel 7. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 9		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_l	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	4,5	0,547	0,109	1,527	0,310	4,076	1,810	0,00893	0,00893
1-2	5,5	0,547	0,109	1,527	0,930	4,496	2,430	0,00736	0,01629
2-3	6,5	0,547	0,109	1,527	1,550	4,868	3,050	0,00611	0,02240
3-4	7,5	0,547	0,109	1,527	2,170	5,227	3,670	0,00526	0,02766
4-5	8,5	0,547	0,109	1,527	2,790	5,597	4,290	0,00440	0,03206
5-6	9,5	0,519	0,104	1,435	3,432	6,012	4,932	0,00387	0,03593
6-7	10,5	0,519	0,104	1,435	4,095	6,459	5,595	0,00315	0,03908
7-8	11,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,935	6,259	0,00273	0,04180
8-9	12,5	0,532	0,106	1,418	5,435	7,449	6,935	0,00253	0,04433
9-10	13,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,980	7,624	0,00218	0,04651
10-11	14,5	0,532	0,106	1,418	6,814	8,542	8,314	0,00193	0,04845
11-12	15,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,875	9,749	0,00108	0,04953
12-13	16,5	0,419	0,084	1,263	8,977	10,514	10,477	0,00046	0,04999
13-14	17,5	0,419	0,084	1,263	9,704	11,132	11,204	0,00021	0,05020
14-15	18,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,793	11,932	0,00019	0,05039
15-16	19,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,450	12,659	0,00016	0,05056

Pemadatan 10		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	$\sigma'_{l'}$	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	5	0,547	0,109	1,527	0,310	4,432	1,810	0,00789	0,00789
1-2	6	0,547	0,109	1,527	0,930	4,820	2,430	0,00655	0,01443
2-3	7	0,547	0,109	1,527	1,550	5,161	3,050	0,00551	0,01994
3-4	8	0,547	0,109	1,527	2,170	5,497	3,670	0,00474	0,02468
4-5	9	0,547	0,109	1,527	2,790	5,849	4,290	0,00414	0,02882
5-6	10	0,519	0,104	1,435	3,432	6,244	4,932	0,00350	0,03232
6-7	11	0,519	0,104	1,435	4,095	6,673	5,595	0,00302	0,03534
7-8	12	0,519	0,104	1,435	4,759	7,142	6,259	0,00272	0,03806
8-9	13	0,532	0,106	1,418	5,435	7,638	6,935	0,00240	0,04046
9-10	14	0,532	0,106	1,418	6,124	8,156	7,624	0,00209	0,04255
10-11	15	0,532	0,106	1,418	6,814	8,704	8,314	0,00180	0,04435
11-12	16	0,419	0,084	1,263	8,249	10,033	9,749	0,00128	0,04563
12-13	17	0,419	0,084	1,263	8,977	10,658	10,477	0,00109	0,04672
13-14	18	0,419	0,084	1,263	9,704	11,272	11,204	0,00059	0,04731
14-15	19	0,419	0,084	1,263	10,432	11,919	11,932	0,00010	0,04741
15-16	20	0,419	0,084	1,263	11,159	12,572	12,659	0,00016	0,04757

Tabel 7. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 11		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	$\sigma'_{11'}$	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m
0-1	5,5	0,547	0,109	1,527	0,310	4,767	1,810	0,00685	0,00685
1-2	6,5	0,547	0,109	1,527	0,930	5,126	2,430	0,00579	0,01264
2-3	7,5	0,547	0,109	1,527	1,550	5,445	3,050	0,00505	0,01769
3-4	8,5	0,547	0,109	1,527	2,170	5,758	3,670	0,00436	0,02205
4-5	9,5	0,547	0,109	1,527	2,790	6,088	4,290	0,00377	0,02582
5-6	10,5	0,519	0,104	1,435	3,432	6,460	4,932	0,00315	0,02897
6-7	11,5	0,519	0,104	1,435	4,095	6,875	5,595	0,00275	0,03172
7-8	12,5	0,519	0,104	1,435	4,759	7,336	6,259	0,00248	0,03421
8-9	13,5	0,532	0,106	1,418	5,435	7,818	6,935	0,00223	0,03643
9-10	14,5	0,532	0,106	1,418	6,124	8,322	7,624	0,00192	0,03836
10-11	15,5	0,532	0,106	1,418	6,814	8,864	8,314	0,00174	0,04010
11-12	16,5	0,419	0,084	1,263	8,249	10,186	9,749	0,00122	0,04132
12-13	17,5	0,419	0,084	1,263	8,977	10,799	10,477	0,00105	0,04237
13-14	18,5	0,419	0,084	1,263	9,704	11,402	11,204	0,00092	0,04329
14-15	19,5	0,419	0,084	1,263	10,432	12,039	11,932	0,00081	0,04410
15-16	20,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,689	12,659	0,00030	0,04440

Pemadatan 12		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	$\sigma'_{12'}$	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m
0-1	6	0,547	0,109	1,527	0,310	5,087	1,810	0,00612	0,00612
1-2	7	0,547	0,109	1,527	0,930	5,423	2,430	0,00530	0,01142
2-3	8	0,547	0,109	1,527	1,550	5,715	3,050	0,00455	0,01597
3-4	9	0,547	0,109	1,527	2,170	6,010	3,670	0,00403	0,02000
4-5	10	0,547	0,109	1,527	2,790	6,320	4,290	0,00352	0,02352
5-6	11	0,519	0,104	1,435	3,432	6,674	4,932	0,00302	0,02654
6-7	12	0,519	0,104	1,435	4,095	7,073	5,595	0,00263	0,02916
7-8	13	0,519	0,104	1,435	4,759	7,523	6,259	0,00233	0,03149
8-9	14	0,532	0,106	1,418	5,435	7,994	6,935	0,00213	0,03363
9-10	15	0,532	0,106	1,418	6,124	8,484	7,624	0,00184	0,03547
10-11	16	0,532	0,106	1,418	6,814	9,022	8,314	0,00169	0,03717
11-12	17	0,419	0,084	1,263	8,249	10,330	9,749	0,00113	0,03830
12-13	18	0,419	0,084	1,263	8,977	10,939	10,477	0,00104	0,03934
13-14	19	0,419	0,084	1,263	9,704	11,524	11,204	0,00086	0,04019
14-15	20	0,419	0,084	1,263	10,432	12,154	11,932	0,00077	0,04096
15-16	21	0,419	0,084	1,263	11,159	12,801	12,659	0,00070	0,04167

Tabel 7. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 13										Pemadatan 14									
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_{13}	σ'_c	Sc	$\sum Sc$	Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_{14}	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m						(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	6,5	0,547	0,109	1,527	0,310	5,393	1,810	0,00549	0,00549	0-1	7	0,547	0,109	1,527	0,310	5,687	1,810	0,00498	0,00498
1-2	7,5	0,547	0,109	1,527	0,930	5,707	2,430	0,00481	0,01030	1-2	8	0,547	0,109	1,527	0,930	5,977	2,430	0,00435	0,00933
2-3	8,5	0,547	0,109	1,527	1,550	5,973	3,050	0,00414	0,01445	2-3	9	0,547	0,109	1,527	1,550	6,225	3,050	0,00389	0,01322
3-4	9,5	0,547	0,109	1,527	2,170	6,258	3,670	0,00381	0,01826	3-4	10	0,547	0,109	1,527	2,170	6,489	3,670	0,00340	0,01662
4-5	10,5	0,547	0,109	1,527	2,790	6,536	4,290	0,00316	0,02142	4-5	11	0,547	0,109	1,527	2,790	6,749	4,290	0,00301	0,01963
5-6	11,5	0,519	0,104	1,435	3,432	6,879	4,932	0,00280	0,02422	5-6	12	0,519	0,104	1,435	3,432	7,086	4,932	0,00274	0,02237
6-7	12,5	0,519	0,104	1,435	4,095	7,262	5,595	0,00244	0,02666	6-7	13	0,519	0,104	1,435	4,095	7,447	5,595	0,00233	0,02470
7-8	13,5	0,519	0,104	1,435	4,759	7,703	6,259	0,00219	0,02884	7-8	14	0,519	0,104	1,435	4,759	7,874	6,259	0,00203	0,02673
8-9	14,5	0,532	0,106	1,418	5,435	8,160	6,935	0,00196	0,03080	8-9	15	0,532	0,106	1,418	5,435	8,322	6,935	0,00188	0,02861
9-10	15,5	0,532	0,106	1,418	6,124	8,642	7,624	0,00177	0,03257	9-10	16	0,532	0,106	1,418	6,124	8,801	7,624	0,00174	0,03035
10-11	16,5	0,532	0,106	1,418	6,814	9,175	8,314	0,00161	0,03418	10-11	17	0,532	0,106	1,418	6,814	9,319	8,314	0,00149	0,03184
11-12	17,5	0,419	0,084	1,263	8,249	10,474	9,749	0,00111	0,03530	11-12	18	0,419	0,084	1,263	8,249	10,615	9,749	0,00107	0,03291
12-13	18,5	0,419	0,084	1,263	8,977	11,079	10,477	0,00103	0,03632	12-13	19	0,419	0,084	1,263	8,977	11,202	10,477	0,00088	0,03379
13-14	19,5	0,419	0,084	1,263	9,704	11,648	11,204	0,00086	0,03719	13-14	20	0,419	0,084	1,263	9,704	11,765	11,204	0,00080	0,03460
14-15	20,5	0,419	0,084	1,263	10,432	12,271	11,932	0,00077	0,03796	14-15	21	0,419	0,084	1,263	10,432	12,387	11,932	0,00075	0,03535
15-16	21,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,914	12,659	0,00071	0,03867	15-16	22	0,419	0,084	1,263	11,159	13,028	12,659	0,00070	0,03605

Tabel 7. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 15										Pemadatan 16									
Kedalaman (m)	z (m)	H timb	0,5	m						Kedalaman (m)	z (m)	H timb	0,5	m					
		Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_{15}	σ'_c	Sc	$\sum Sc$			Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_{16}	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m						(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	7,5	0,547	0,109	1,527	0,310	5,971	1,810	0,00459	0,00459	0-1	8	0,547	0,109	1,527	0,310	6,241	1,810	0,00416	0,00416
1-2	8,5	0,547	0,109	1,527	0,930	6,235	2,430	0,00397	0,00856	1-2	9	0,547	0,109	1,527	0,930	6,487	2,430	0,00373	0,00789
2-3	9,5	0,547	0,109	1,527	1,550	6,468	3,050	0,00360	0,01216	2-3	10	0,547	0,109	1,527	1,550	6,698	3,050	0,00329	0,01118
3-4	10,5	0,547	0,109	1,527	2,170	6,705	3,670	0,00308	0,01524	3-4	11	0,547	0,109	1,527	2,170	6,917	3,670	0,00293	0,01411
4-5	11,5	0,547	0,109	1,527	2,790	6,956	4,290	0,00284	0,01808	4-5	12	0,547	0,109	1,527	2,790	7,159	4,290	0,00271	0,01683
5-6	12,5	0,519	0,104	1,435	3,432	7,281	4,932	0,00250	0,02058	5-6	13	0,519	0,104	1,435	3,432	7,466	4,932	0,00233	0,01915
6-7	13,5	0,519	0,104	1,435	4,095	7,623	5,595	0,00217	0,02275	6-7	14	0,519	0,104	1,435	4,095	7,800	5,595	0,00212	0,02127
7-8	14,5	0,519	0,104	1,435	4,759	8,038	6,259	0,00190	0,02465	7-8	15	0,519	0,104	1,435	4,759	8,200	6,259	0,00185	0,02311
8-9	15,5	0,532	0,106	1,418	5,435	8,484	6,935	0,00184	0,02650	8-9	16	0,532	0,106	1,418	5,435	8,642	6,935	0,00177	0,02488
9-10	16,5	0,532	0,106	1,418	6,124	8,959	7,624	0,00171	0,02820	9-10	17	0,532	0,106	1,418	6,124	9,103	7,624	0,00152	0,02641
10-11	17,5	0,532	0,106	1,418	6,814	9,460	8,314	0,00143	0,02963	10-11	18	0,532	0,106	1,418	6,814	9,600	8,314	0,00141	0,02781
11-12	18,5	0,419	0,084	1,263	8,249	10,746	9,749	0,00099	0,03062	11-12	19	0,419	0,084	1,263	8,249	10,868	9,749	0,00091	0,02873
12-13	19,5	0,419	0,084	1,263	8,977	11,328	10,477	0,00090	0,03152	12-13	20	0,419	0,084	1,263	8,977	11,445	10,477	0,00083	0,02955
13-14	20,5	0,419	0,084	1,263	9,704	11,888	11,204	0,00083	0,03236	13-14	21	0,419	0,084	1,263	9,704	12,003	11,204	0,00078	0,03033
14-15	21,5	0,419	0,084	1,263	10,432	12,504	11,932	0,00076	0,03311	14-15	22	0,419	0,084	1,263	10,432	12,617	11,932	0,00073	0,03106
15-16	22,5	0,419	0,084	1,263	11,159	13,141	12,659	0,00070	0,03381	15-16	23	0,419	0,084	1,263	11,159	13,251	12,659	0,00067	0,03173

Tabel 7. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 17		H timb	0,7	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_{17}	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	8,7	0,547	0,109	1,527	0,310	6,511	1,810	0,00398	0,00398
1-2	9,7	0,547	0,109	1,527	0,930	6,739	2,430	0,00359	0,00757
2-3	10,7	0,547	0,109	1,527	1,550	6,929	3,050	0,00318	0,01075
3-4	11,7	0,547	0,109	1,527	2,170	7,129	3,670	0,00285	0,01360
4-5	12,7	0,547	0,109	1,527	2,790	7,362	4,290	0,00264	0,01623
5-6	13,7	0,519	0,104	1,435	3,432	7,651	4,932	0,00227	0,01850
6-7	14,7	0,519	0,104	1,435	4,095	7,976	5,595	0,00207	0,02057
7-8	15,7	0,519	0,104	1,435	4,759	8,362	6,259	0,00181	0,02238
8-9	16,7	0,532	0,106	1,418	5,435	8,801	6,935	0,00174	0,02411
9-10	17,7	0,532	0,106	1,418	6,124	9,247	7,624	0,00150	0,02561
10-11	18,7	0,532	0,106	1,418	6,814	9,740	8,314	0,00139	0,02700
11-12	19,7	0,419	0,084	1,263	8,249	10,991	9,749	0,00090	0,02791
12-13	20,7	0,419	0,084	1,263	8,977	11,562	10,477	0,00082	0,02872
13-14	21,7	0,419	0,084	1,263	9,704	12,118	11,204	0,00077	0,02949
14-15	22,7	0,419	0,084	1,263	10,432	12,730	11,932	0,00072	0,03021
15-16	23,7	0,419	0,084	1,263	11,159	13,361	12,659	0,00066	0,03088

Tabel 8. Hasil Perhitungan Perubahan Tegangan untuk $U < 100\%$ Akibat Penimbunan Bertahap 17 Minggu

Tegangan efektif																				
Tegangan	Hi	z	Po'	σ_1'	σ_2'	σ_3'	σ_4'	σ_5'	σ_6'	σ_7'	σ_8'	σ_9'	σ_{10}'	σ_{11}'	σ_{12}'	σ_{13}'	σ_{14}'	σ_{15}'	σ_{16}'	σ_{17}'
Kedalaman	(m)	(m)	H= 0m	H= 0,5m	H= 1m	H= 1,5m	H= 2m	H= 2,5m	H= 3m	H= 3,5m	H= 4m	H= 4,5m	H= 5m	H= 5,5m	H= 6m	H= 6,5m	H= 7m	H= 7,5m	H= 8m	H= 8,7m
1	1	0,5	0,310	0,760	1,210	1,656	2,092	2,520	2,934	3,330	3,707	4,076	4,432	4,767	5,087	5,393	5,687	5,971	6,241	6,511
2	1	1,5	0,930	1,371	1,812	2,241	2,655	3,052	3,430	3,801	4,158	4,496	4,820	5,126	5,423	5,707	5,977	6,235	6,487	6,739
3	1	2,5	1,550	1,982	2,396	2,796	3,174	3,543	3,899	4,238	4,562	4,868	5,161	5,445	5,715	5,973	6,225	6,468	6,698	6,929
4	1	3,5	2,170	2,575	2,953	3,322	3,679	4,017	4,341	4,647	4,942	5,227	5,497	5,758	6,010	6,258	6,489	6,705	6,917	7,129
5	1	4,5	2,790	3,159	3,519	3,861	4,185	4,491	4,787	5,071	5,341	5,597	5,849	6,088	6,320	6,536	6,749	6,956	7,159	7,362
6	1	5,5	3,432	3,774	4,098	4,404	4,701	4,986	5,256	5,513	5,765	6,012	6,244	6,460	6,674	6,879	7,086	7,281	7,466	7,651
7	1	6,5	4,095	4,401	4,698	4,983	5,253	5,519	5,771	6,009	6,243	6,459	6,673	6,875	7,073	7,262	7,447	7,623	7,800	7,976
8	1	7,5	4,759	5,047	5,317	5,578	5,830	6,073	6,303	6,519	6,733	6,935	7,142	7,336	7,523	7,703	7,874	8,038	8,200	8,362
9	1	8,5	5,435	5,696	5,948	6,191	6,425	6,641	6,853	7,057	7,255	7,449	7,638	7,818	7,994	8,160	8,322	8,484	8,642	8,801
10	1	9,5	6,124	6,358	6,592	6,812	7,024	7,226	7,426	7,616	7,800	7,980	8,156	8,322	8,484	8,642	8,801	8,959	9,103	9,247
11	1	10,5	6,814	7,030	7,246	7,453	7,651	7,845	8,038	8,205	8,371	8,542	8,704	8,864	9,022	9,175	9,319	9,460	9,600	9,740
12	1	11,5	8,249	8,447	8,654	8,843	9,032	9,212	9,389	9,554	9,716	9,875	10,033	10,186	10,330	10,474	10,615	10,746	10,868	10,991
13	1	12,5	8,977	9,166	9,355	9,535	9,711	9,882	10,044	10,206	10,365	10,514	10,658	10,799	10,939	11,079	11,202	11,328	11,445	11,562
14	1	13,5	9,704	9,875	10,046	10,217	10,379	10,538	10,691	10,844	10,988	11,132	11,272	11,402	11,524	11,648	11,765	11,888	12,003	12,118
15	1	14,5	10,432	10,597	10,759	10,918	11,076	11,224	11,368	11,512	11,652	11,793	11,919	12,039	12,154	12,271	12,387	12,504	12,617	12,730
16	1	15,5	11,159	11,321	11,480	11,633	11,777	11,917	12,057	12,198	12,324	12,450	12,572	12,689	12,801	12,914	13,028	13,141	13,251	13,361

Tabel 9. Hasil Perhitungan Perubahan Tegangan untuk $U < 100\%$ Akibat Penimbunan Bertahap 17 Minggu

Derajat Konsolidasi U<100%																			
Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Delta P8'$	$\Delta P9'$	$\Delta P10'$	$\Delta P11'$	$\Delta P12'$	$\Delta P13'$	$\Delta P14'$	$\Delta P15'$	$\Delta P16'$	$\Delta P17'$	$\Sigma \sigma'$
	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2
Tinggi Timbunan	H= 0m	H= 0,5m	H= 1m	H= 1,5m	H= 2m	H= 2,5m	H= 3m	H= 3,5m	H= 4m	H= 4,5m	H= 5m	H= 5,5m	H= 6m	H= 6,5m	H= 7m	H= 7,5m	H= 8m	H= 8,7m	
Umur Timbunan	-	17 minggu	16 minggu	15 minggu	14 minggu	13 minggu	12 minggu	11 minggu	10 minggu	9 minggu	8 minggu	7 minggu	6 minggu	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu	
Kedalaman/ U	-	0,862547	0,845852	0,827116	0,806089	0,782486	0,755987	0,726232	0,69281	0,655261	0,613059	0,565606	0,512217	0,452101	0,384331	0,307791	0,221052	0,121957	
1	0,310	0,362	0,366	0,359	0,343	0,328	0,307	0,283	0,256	0,238	0,215	0,186	0,162	0,136	0,111	0,086	0,059	0,032	4,139
2	0,930	0,370	0,365	0,348	0,328	0,306	0,282	0,265	0,243	0,219	0,196	0,171	0,150	0,127	0,102	0,078	0,055	0,030	4,565
3	1,550	0,366	0,345	0,326	0,301	0,285	0,266	0,243	0,222	0,198	0,178	0,159	0,137	0,115	0,096	0,074	0,050	0,028	4,939
4	2,170	0,345	0,316	0,302	0,284	0,262	0,243	0,220	0,203	0,185	0,164	0,146	0,128	0,111	0,088	0,066	0,046	0,026	5,304
5	2,790	0,316	0,302	0,281	0,259	0,238	0,221	0,205	0,186	0,166	0,153	0,134	0,118	0,097	0,081	0,063	0,044	0,025	5,678
6	3,432	0,293	0,272	0,252	0,238	0,221	0,203	0,186	0,173	0,160	0,141	0,121	0,109	0,092	0,079	0,059	0,041	0,022	6,095
7	4,095	0,263	0,250	0,234	0,217	0,207	0,189	0,172	0,161	0,141	0,130	0,113	0,101	0,085	0,071	0,054	0,039	0,021	6,543
8	4,759	0,247	0,227	0,215	0,202	0,189	0,173	0,156	0,148	0,131	0,126	0,109	0,095	0,081	0,065	0,050	0,036	0,020	7,031
9	5,435	0,224	0,212	0,200	0,188	0,168	0,160	0,147	0,137	0,127	0,115	0,101	0,090	0,074	0,062	0,050	0,035	0,019	7,545
10	6,124	0,201	0,197	0,181	0,171	0,157	0,151	0,138	0,127	0,117	0,108	0,093	0,083	0,071	0,061	0,048	0,032	0,017	8,078
11	6,814	0,186	0,182	0,171	0,159	0,152	0,145	0,121	0,114	0,112	0,099	0,090	0,081	0,069	0,055	0,043	0,031	0,017	8,641
12	8,249	0,171	0,175	0,156	0,152	0,141	0,133	0,120	0,112	0,104	0,097	0,086	0,074	0,065	0,054	0,040	0,027	0,015	9,969
13	8,977	0,163	0,160	0,149	0,142	0,134	0,122	0,117	0,109	0,098	0,088	0,079	0,072	0,063	0,047	0,039	0,026	0,014	10,598
14	9,704	0,147	0,144	0,141	0,130	0,124	0,115	0,111	0,100	0,094	0,086	0,073	0,063	0,056	0,045	0,038	0,025	0,014	11,211
15	10,432	0,143	0,137	0,131	0,128	0,115	0,109	0,104	0,097	0,092	0,077	0,068	0,059	0,053	0,044	0,036	0,025	0,014	11,863
16	11,159	0,140	0,134	0,126	0,116	0,110	0,106	0,102	0,087	0,082	0,075	0,066	0,057	0,051	0,043	0,035	0,024	0,013	12,527

Tabel 10. Hasil Perhitungan Peningkatan Cu

Kedalaman	PI	Cu Lama	Cu Baru
(m)		t/m ²	t/m ²
0-1	31,730	3,389	1,312
1-2	31,730	3,389	1,371
2-3	31,730	3,389	1,423
3-4	31,730	3,389	1,473
4-5	31,730	3,389	1,525
5-6	33,940	4,624	1,561
6-7	33,940	4,624	1,622
7-8	33,940	4,624	1,688
8-9	28,790	3,725	1,820
9-10	28,790	3,725	1,897
10-11	28,790	3,725	1,977
11-12	30,295	6,687	2,144
12-13	30,295	6,687	2,233
13-14	30,295	6,687	2,319
14-15	30,295	6,687	2,411
15-16	30,295	6,687	2,505

H oprit = 6 m

Tabel 11. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap

Pemadatan ke 1				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	0,5	5,500	=	11,000	=	0,250	0,500	0,450
1-2	1,5	5,500	=	3,667	=	0,245	0,490	0,441
2-3	2,5	5,500	=	2,200	=	0,240	0,480	0,432
3-4	3,5	5,500	=	1,571	=	0,225	0,450	0,405
4-5	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410	0,369
5-6	5,5	5,500	=	1,000	=	0,190	0,380	0,342
6-7	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
7-8	7,5	5,500	=	0,733	=	0,160	0,320	0,288
8-9	8,5	5,500	=	0,647	=	0,145	0,290	0,261
9-10	9,5	5,500	=	0,579	=	0,130	0,260	0,234
10-11	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
11-12	11,5	5,500	=	0,478	=	0,110	0,220	0,198
12-13	12,5	5,500	=	0,440	=	0,105	0,210	0,189
13-14	13,5	5,500	=	0,407	=	0,095	0,190	0,171
14-15	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166
15-16	15,5	5,500	=	0,355	=	0,090	0,180	0,162

Pemadatan ke 2				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	1,0	5,500	=	5,500	=	0,250	0,500	0,450
1-2	2,0	5,500	=	2,750	=	0,245	0,490	0,441
2-3	3,0	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414
3-4	4,0	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378
4-5	5,0	5,500	=	1,100	=	0,200	0,400	0,360
5-6	6,0	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
6-7	7,0	5,500	=	0,786	=	0,165	0,330	0,297
7-8	8,0	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
8-9	9,0	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
9-10	10,0	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260	0,234
10-11	11,0	5,500	=	0,500	=	0,120	0,240	0,216
11-12	12,0	5,500	=	0,458	=	0,115	0,230	0,207
12-13	13,0	5,500	=	0,423	=	0,105	0,210	0,189
13-14	14,0	5,500	=	0,393	=	0,095	0,190	0,171
14-15	15,0	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
15-16	16,0	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158

Pemadatan ke 3				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	1,5	5,500	=	3,67	=	0,248	0,496	0,446
1-2	2,5	5,500	=	2,20	=	0,238	0,476	0,428
2-3	3,5	5,500	=	1,57	=	0,222	0,444	0,400
3-4	4,5	5,500	=	1,22	=	0,205	0,41	0,369
4-5	5,5	5,500	=	1,00	=	0,19	0,38	0,342
5-6	6,5	5,500	=	0,85	=	0,17	0,34	0,306
6-7	7,5	5,500	=	0,73	=	0,158	0,316	0,284
7-8	8,5	5,500	=	0,65	=	0,145	0,29	0,261
8-9	9,5	5,500	=	0,58	=	0,135	0,27	0,243
9-10	10,5	5,500	=	0,52	=	0,122	0,244	0,220
10-11	11,5	5,500	=	0,48	=	0,115	0,23	0,207
11-12	12,5	5,500	=	0,44	=	0,105	0,21	0,189
12-13	13,5	5,500	=	0,41	=	0,1	0,2	0,180
13-14	14,5	5,500	=	0,38	=	0,095	0,19	0,171
14-15	15,5	5,500	=	0,35	=	0,088	0,176	0,158
15-16	16,5	5,500	=	0,33	=	0,085	0,17	0,153

Tabel 11. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 4				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	2,0	5,500	=	2,750	=	0,242	0,484	0,436
1-2	3	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414
2-3	4	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378
3-4	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
4-5	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
5-6	7	5,500	=	0,786	=	0,165	0,330	0,297
6-7	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
7-8	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
8-9	10	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260	0,234
9-10	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212
10-11	12	5,500	=	0,458	=	0,110	0,220	0,198
11-12	13	5,500	=	0,423	=	0,105	0,210	0,189
12-13	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
13-14	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
14-15	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
15-16	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144

Pemadatan ke 5				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	2,5	5,500	=	2,200	=	0,238	0,476	0,428
1-2	3,5	5,500	=	1,571	=	0,221	0,442	0,398
2-3	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410	0,369
3-4	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376	0,338
4-5	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
5-6	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
6-7	8,5	5,500	=	0,647	=	0,148	0,296	0,266
7-8	9,5	5,500	=	0,579	=	0,135	0,270	0,243
8-9	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
9-10	11,5	5,500	=	0,478	=	0,112	0,224	0,202
10-11	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216	0,194
11-12	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180
12-13	14,5	5,500	=	0,379	=	0,095	0,190	0,171
13-14	15,5	5,500	=	0,355	=	0,088	0,176	0,158
14-15	16,5	5,500	=	0,333	=	0,082	0,164	0,148
15-16	17,5	5,500	=	0,314	=	0,078	0,156	0,140

Pemadatan ke 6				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	3	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414
1-2	4	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378
2-3	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
3-4	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
4-5	7	5,500	=	0,786	=	0,164	0,328	0,295
5-6	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
6-7	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
7-8	10	5,500	=	0,550	=	0,128	0,256	0,230
8-9	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212
9-10	12	5,500	=	0,458	=	0,111	0,222	0,200
10-11	13	5,500	=	0,423	=	0,107	0,214	0,193
11-12	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
12-13	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
13-14	16	5,500	=	0,344	=	0,085	0,170	0,153
14-15	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
15-16	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140

Tabel 11. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 7				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q = 0,9		t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	3,5	5,500	=	1,571	=	0,220	0,440	0,396
1-2	4,5	5,500	=	1,222	=	0,206	0,412	0,371
2-3	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376	0,338
3-4	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
4-5	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
5-6	8,5	5,500	=	0,647	=	0,143	0,286	0,257
6-7	9,5	5,500	=	0,579	=	0,132	0,264	0,238
7-8	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
8-9	11,5	5,500	=	0,478	=	0,113	0,226	0,203
9-10	12,5	5,500	=	0,440	=	0,106	0,212	0,191
10-11	13,5	5,500	=	0,407	=	0,093	0,186	0,167
11-12	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166
12-13	15,5	5,500	=	0,355	=	0,090	0,180	0,162
13-14	16,5	5,500	=	0,333	=	0,085	0,170	0,153
14-15	17,5	5,500	=	0,314	=	0,080	0,160	0,144
15-16	18,5	5,500	=	0,297	=	0,078	0,156	0,140

Pemadatan ke 8				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q = 0,9		t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	4,0	5,500	=	1,375	=	0,209	0,418	0,376
1-2	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
2-3	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
3-4	7	5,500	=	0,786	=	0,164	0,328	0,295
4-5	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
5-6	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
6-7	10	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260	0,234
7-8	11	5,500	=	0,500	=	0,119	0,238	0,214
8-9	12	5,500	=	0,458	=	0,110	0,220	0,198
9-10	13	5,500	=	0,423	=	0,102	0,204	0,184
10-11	14	5,500	=	0,393	=	0,092	0,184	0,166
11-12	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
12-13	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
13-14	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
14-15	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140
15-16	19	5,500	=	0,289	=	0,070	0,140	0,126

Pemadatan ke 9				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q = 0,9		t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410	0,369
1-2	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376	0,338
2-3	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
3-4	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
4-5	8,5	5,500	=	0,647	=	0,142	0,284	0,256
5-6	9,5	5,500	=	0,579	=	0,137	0,274	0,247
6-7	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
7-8	11,5	5,500	=	0,478	=	0,112	0,224	0,202
8-9	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216	0,194
9-10	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180
10-11	14,5	5,500	=	0,379	=	0,095	0,190	0,171
11-12	15,5	5,500	=	0,355	=	0,088	0,176	0,158
12-13	16,5	5,500	=	0,333	=	0,083	0,166	0,149
13-14	17,5	5,500	=	0,314	=	0,080	0,160	0,144
14-15	18,5	5,500	=	0,297	=	0,078	0,156	0,140
15-16	19,5	5,500	=	0,282	=	0,070	0,140	0,126

Tabel 11. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 10				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	5,0	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
1-2	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
2-3	7	5,500	=	0,786	=	0,163	0,326	0,293
3-4	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
4-5	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
5-6	10	5,500	=	0,550	=	0,129	0,258	0,232
6-7	11	5,500	=	0,500	=	0,119	0,238	0,214
7-8	12	5,500	=	0,458	=	0,115	0,230	0,207
8-9	13	5,500	=	0,423	=	0,105	0,210	0,189
9-10	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
10-11	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
11-12	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
12-13	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
13-14	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140
14-15	19	5,500	=	0,289	=	0,070	0,140	0,126
15-16	20	5,500	=	0,275	=	0,068	0,136	0,122

Pemadatan ke 11				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	5,5	5,500	=	1,000	=	0,186	0,372	0,335
1-2	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
2-3	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
3-4	8,5	5,500	=	0,647	=	0,145	0,290	0,261
4-5	9,5	5,500	=	0,579	=	0,133	0,266	0,239
5-6	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
6-7	11,5	5,500	=	0,478	=	0,112	0,224	0,202
7-8	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216	0,194
8-9	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180
9-10	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166
10-11	15,5	5,500	=	0,355	=	0,089	0,178	0,160
11-12	16,5	5,500	=	0,333	=	0,085	0,170	0,153
12-13	17,5	5,500	=	0,314	=	0,078	0,156	0,140
13-14	18,5	5,500	=	0,297	=	0,072	0,144	0,130
14-15	19,5	5,500	=	0,282	=	0,067	0,134	0,121
15-16	20,5	5,500	=	0,268	=	0,065	0,130	0,117

Pemadatan ke 12				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	6,0	5,500	=	0,917	=	0,178	0,356	0,320
1-2	7	5,500	=	0,786	=	0,165	0,330	0,297
2-3	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
3-4	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
4-5	10	5,500	=	0,550	=	0,129	0,258	0,232
5-6	11	5,500	=	0,500	=	0,119	0,238	0,214
6-7	12	5,500	=	0,458	=	0,110	0,220	0,198
7-8	13	5,500	=	0,423	=	0,104	0,208	0,187
8-9	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
9-10	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
10-11	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
11-12	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
12-13	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140
13-14	19	5,500	=	0,289	=	0,068	0,136	0,122
14-15	20	5,500	=	0,275	=	0,064	0,128	0,115
15-16	21	5,500	=	0,262	=	0,062	0,124	0,112

Tabel 11. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 13									H timbunan =	0,500	m	
akibat timbunan		Q =		0,9	t/m							
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I	$\Delta\sigma'$				
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)				
0-1	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306				
1-2	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284				
2-3	8,5	5,500	=	0,647	=	0,143	0,286	0,257				
3-4	9,5	5,500	=	0,579	=	0,138	0,276	0,248				
4-5	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216				
5-6	11,5	5,500	=	0,478	=	0,114	0,228	0,205				
6-7	12,5	5,500	=	0,440	=	0,105	0,210	0,189				
7-8	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180				
8-9	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166				
9-10	15,5	5,500	=	0,355	=	0,088	0,176	0,158				
10-11	16,5	5,500	=	0,333	=	0,085	0,170	0,153				
11-12	17,5	5,500	=	0,314	=	0,080	0,160	0,144				
12-13	18,5	5,500	=	0,297	=	0,078	0,156	0,140				
13-14	19,5	5,500	=	0,282	=	0,069	0,138	0,124				
14-15	20,5	5,500	=	0,268	=	0,065	0,130	0,117				
15-16	21,5	5,500	=	0,256	=	0,063	0,126	0,113				

Pemadatan ke 14									H timbunan =	0,500	m	
akibat timbunan		Q =		0,9	t/m							
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I	$\Delta\sigma'$				
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)				
0-1	7,0	5,500	=	0,786	=	0,163	0,326	0,293				
1-2	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270				
2-3	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252				
3-4	10	5,500	=	0,550	=	0,128	0,256	0,230				
4-5	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212				
5-6	12	5,500	=	0,458	=	0,115	0,230	0,207				
6-7	13	5,500	=	0,423	=	0,103	0,206	0,185				
7-8	14	5,500	=	0,393	=	0,095	0,190	0,171				
8-9	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162				
9-10	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158				
10-11	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144				
11-12	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140				
12-13	19	5,500	=	0,289	=	0,068	0,136	0,122				
13-14	20	5,500	=	0,275	=	0,065	0,130	0,117				
14-15	21	5,500	=	0,262	=	0,064	0,128	0,115				
15-16	22	5,500	=	0,250	=	0,063	0,126	0,113				

Pemadatan ke 15									H timbunan =	0,600	m	
akibat timbunan		Q =		0,9	t/m							
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I	$\Delta\sigma'$				
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)				
0-1	7,6	5,500	=	0,724	=	0,158	0,316	0,284				
1-2	8,6	5,500	=	0,640	=	0,143	0,286	0,257				
2-3	9,6	5,500	=	0,573	=	0,135	0,270	0,243				
3-4	10,6	5,500	=	0,519	=	0,120	0,240	0,216				
4-5	11,6	5,500	=	0,474	=	0,115	0,230	0,207				
5-6	12,6	5,500	=	0,437	=	0,108	0,216	0,194				
6-7	13,6	5,500	=	0,404	=	0,098	0,196	0,176				
7-8	14,6	5,500	=	0,377	=	0,091	0,182	0,164				
8-9	15,6	5,500	=	0,353	=	0,090	0,180	0,162				
9-10	16,6	5,500	=	0,331	=	0,088	0,176	0,158				
10-11	17,6	5,500	=	0,313	=	0,078	0,156	0,140				
11-12	18,6	5,500	=	0,296	=	0,073	0,146	0,131				
12-13	19,6	5,500	=	0,281	=	0,070	0,140	0,126				
13-14	20,6	5,500	=	0,267	=	0,068	0,136	0,122				
14-15	21,6	5,500	=	0,255	=	0,065	0,130	0,117				
15-16	22,6	5,500	=	0,243	=	0,063	0,126	0,113				

Tabel 12. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap

Pemadatan 1		H timb	0,5	m						Pemadatan 2		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	$\sigma'_{1'}$	σ'_c	Sc	ΣSc	Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	$\sigma'_{2'}$	σ'_c	Sc	ΣSc
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m						(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	0,5	0,547	0,109	1,527	0,310	0,760	1,810	0,01687	0,01687	0-1	1,0	0,547	0,109	1,527	0,310	1,210	1,810	0,00875	0,00875
1-2	1,5	0,547	0,109	1,527	0,930	1,371	2,430	0,00730	0,02417	1-2	2,0	0,547	0,109	1,527	0,930	1,812	2,430	0,00525	0,01400
2-3	2,5	0,547	0,109	1,527	1,550	1,982	3,050	0,00462	0,02879	2-3	3,0	0,547	0,109	1,527	1,550	2,396	3,050	0,00357	0,01756
3-4	3,5	0,547	0,109	1,527	2,170	2,575	3,670	0,00322	0,03201	3-4	4,0	0,547	0,109	1,527	2,170	2,953	3,670	0,00258	0,02014
4-5	4,5	0,547	0,109	1,527	2,790	3,159	4,290	0,00234	0,03435	4-5	5,0	0,547	0,109	1,527	2,790	3,519	4,290	0,00203	0,02217
5-6	5,5	0,519	0,104	1,435	3,432	3,774	4,932	0,00176	0,03611	5-6	6,0	0,519	0,104	1,435	3,432	4,098	4,932	0,00152	0,02369
6-7	6,5	0,519	0,104	1,435	4,095	4,401	5,595	0,00133	0,03744	6-7	7,0	0,519	0,104	1,435	4,095	4,698	5,595	0,00121	0,02490
7-8	7,5	0,519	0,104	1,435	4,759	5,047	6,259	0,00109	0,03853	7-8	8,0	0,519	0,104	1,435	4,759	5,317	6,259	0,00096	0,02587
8-9	8,5	0,532	0,106	1,418	5,435	5,696	6,935	0,00090	0,03942	8-9	9,0	0,532	0,106	1,418	5,435	5,948	6,935	0,00083	0,02669
9-10	9,5	0,532	0,106	1,418	6,124	6,358	7,624	0,00072	0,04014	9-10	10,0	0,532	0,106	1,418	6,124	6,592	7,624	0,00069	0,02739
10-11	10,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,030	8,314	0,00060	0,04074	10-11	11,0	0,532	0,106	1,418	6,814	7,246	8,314	0,00058	0,02796
11-12	11,5	0,419	0,084	1,263	8,249	8,447	9,749	0,00038	0,04112	11-12	12,0	0,419	0,084	1,263	8,249	8,654	9,749	0,00039	0,02835
12-13	12,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,166	10,477	0,00034	0,04146	12-13	13,0	0,419	0,084	1,263	8,977	9,355	10,477	0,00033	0,02868
13-14	13,5	0,419	0,084	1,263	9,704	9,875	11,204	0,00028	0,04174	13-14	14,0	0,419	0,084	1,263	9,704	10,046	11,204	0,00028	0,02896
14-15	14,5	0,419	0,084	1,263	10,432	10,597	11,932	0,00025	0,04199	14-15	15,0	0,419	0,084	1,263	10,432	10,759	11,932	0,00024	0,02920
15-16	15,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,321	12,659	0,00023	0,04222	15-16	16,0	0,419	0,084	1,263	11,159	11,480	12,659	0,00022	0,02943

Tabel 12. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 3		H timb	0,5	m							
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'o	σ'3'	σ'c	Sc	ΣSc		
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m			
0-1	1,5	0,547	0,109	1,527	0,310	1,656	1,810	0,00591	0,00591		
1-2	2,5	0,547	0,109	1,527	0,930	2,241	2,430	0,00399	0,00990		
2-3	3,5	0,547	0,109	1,527	1,550	2,796	3,050	0,00290	0,01280		
3-4	4,5	0,547	0,109	1,527	2,170	3,322	3,670	0,00221	0,01502		
4-5	5,5	0,547	0,109	1,527	2,790	3,861	4,290	0,00174	0,01676		
5-6	6,5	0,519	0,104	1,435	3,432	4,404	4,932	0,00133	0,01809		
6-7	7,5	0,519	0,104	1,435	4,095	4,983	5,595	0,00109	0,01918		
7-8	8,5	0,519	0,104	1,435	4,759	5,578	6,259	0,00089	0,02007		
8-9	9,5	0,532	0,106	1,418	5,435	6,191	6,935	0,00077	0,02083		
9-10	10,5	0,532	0,106	1,418	6,124	6,812	7,624	0,00063	0,02146		
10-11	11,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,453	8,314	0,00054	0,02200		
11-12	12,5	0,419	0,084	1,263	8,249	8,843	9,749	0,00035	0,02235		
12-13	13,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,535	10,477	0,00031	0,02265		
13-14	14,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,217	11,204	0,00027	0,02292		
14-15	15,5	0,419	0,084	1,263	10,432	10,918	11,932	0,00024	0,02316		
15-16	16,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,633	12,659	0,00021	0,02337		

Pemadatan 4		H timb	0,5	m							
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'o	σ'4'	σ'c	Sc	ΣSc		
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m			
0-1	2	0,547	0,109	1,527	0,310	2,092	1,810	0,01529	0,01529		
1-2	3	0,547	0,109	1,527	0,930	2,655	2,430	0,00984	0,02512		
2-3	4	0,547	0,109	1,527	1,550	3,174	3,050	0,00537	0,03050		
3-4	5	0,547	0,109	1,527	2,170	3,679	3,670	0,00209	0,03259		
4-5	6	0,547	0,109	1,527	2,790	4,185	4,290	0,00152	0,03410		
5-6	7	0,519	0,104	1,435	3,432	4,701	4,932	0,00121	0,03531		
6-7	8	0,519	0,104	1,435	4,095	5,253	5,595	0,00098	0,03629		
7-8	9	0,519	0,104	1,435	4,759	5,830	6,259	0,00082	0,03711		
8-9	10	0,532	0,106	1,418	5,435	6,425	6,935	0,00071	0,03781		
9-10	11	0,532	0,106	1,418	6,124	7,024	7,624	0,00059	0,03840		
10-11	12	0,532	0,106	1,418	6,814	7,651	8,314	0,00050	0,03890		
11-12	13	0,419	0,084	1,263	8,249	9,032	9,749	0,00034	0,03924		
12-13	14	0,419	0,084	1,263	8,977	9,711	10,477	0,00030	0,03954		
13-14	15	0,419	0,084	1,263	9,704	10,379	11,204	0,00025	0,03979		
14-15	16	0,419	0,084	1,263	10,432	11,076	11,932	0,00023	0,04002		
15-16	17	0,419	0,084	1,263	11,159	11,777	12,659	0,00020	0,04022		

Tabel 12. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 5										Pemadatan 6									
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_s	σ'_c	Sc	ΣSc	Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_6	σ'_c	Sc	ΣSc
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m						(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	2,5	0,547	0,109	1,527	0,310	2,520	1,810	0,01752	0,01752	0-1	3	0,547	0,109	1,527	0,310	2,934	1,810	0,01431	0,01431
1-2	3,5	0,547	0,109	1,527	0,930	3,052	2,430	0,01314	0,03066	1-2	4	0,547	0,109	1,527	0,930	3,430	2,430	0,01098	0,02529
2-3	4,5	0,547	0,109	1,527	1,550	3,543	3,050	0,01035	0,04101	2-3	5	0,547	0,109	1,527	1,550	3,899	3,050	0,00902	0,03431
3-4	5,5	0,547	0,109	1,527	2,170	4,017	3,670	0,00828	0,04928	3-4	6	0,547	0,109	1,527	2,170	4,341	3,670	0,00730	0,04160
4-5	6,5	0,547	0,109	1,527	2,790	4,491	4,290	0,00477	0,05406	4-5	7	0,547	0,109	1,527	2,790	4,787	4,290	0,00599	0,04759
5-6	7,5	0,519	0,104	1,435	3,432	4,986	4,932	0,00188	0,05594	5-6	8	0,519	0,104	1,435	3,432	5,256	4,932	0,00488	0,05247
6-7	8,5	0,519	0,104	1,435	4,095	5,519	5,595	0,00092	0,05685	6-7	9	0,519	0,104	1,435	4,095	5,771	5,595	0,00311	0,05558
7-8	9,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,073	6,259	0,00076	0,05761	7-8	10	0,519	0,104	1,435	4,759	6,303	6,259	0,00121	0,05679
8-9	10,5	0,532	0,106	1,418	5,435	6,641	6,935	0,00063	0,05824	8-9	11	0,532	0,106	1,418	5,435	6,853	6,935	0,00060	0,05740
9-10	11,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,226	7,624	0,00054	0,05878	9-10	12	0,532	0,106	1,418	6,124	7,426	7,624	0,00052	0,05792
10-11	12,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,845	8,314	0,00048	0,05926	10-11	13	0,532	0,106	1,418	6,814	8,038	8,314	0,00046	0,05838
11-12	13,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,212	9,749	0,00032	0,05958	11-12	14	0,419	0,084	1,263	8,249	9,389	9,749	0,00031	0,05869
12-13	14,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,882	10,477	0,00028	0,05986	12-13	15	0,419	0,084	1,263	8,977	10,044	10,477	0,00026	0,05895
13-14	15,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,538	11,204	0,00024	0,06011	13-14	16	0,419	0,084	1,263	9,704	10,691	11,204	0,00023	0,05918
14-15	16,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,224	11,932	0,00021	0,06032	14-15	17	0,419	0,084	1,263	10,432	11,368	11,932	0,00021	0,05939
15-16	17,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,917	12,659	0,00019	0,06051	15-16	18	0,419	0,084	1,263	11,159	12,057	12,659	0,00019	0,05957

Tabel 12. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 7		H timb	0,5	m						
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_T	σ'_c	Sc	$\sum Sc$	
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m	
0-1	3,5	0,547	0,109	1,527	0,310	3,330	1,810	0,01191	0,01191	
1-2	4,5	0,547	0,109	1,527	0,930	3,801	2,430	0,00966	0,02156	
2-3	5,5	0,547	0,109	1,527	1,550	4,238	3,050	0,00783	0,02939	
3-4	6,5	0,547	0,109	1,527	2,170	4,647	3,670	0,00641	0,03580	
4-5	7,5	0,547	0,109	1,527	2,790	5,071	4,290	0,00543	0,04123	
5-6	8,5	0,519	0,104	1,435	3,432	5,513	4,932	0,00442	0,04565	
6-7	9,5	0,519	0,104	1,435	4,095	6,009	5,595	0,00373	0,04938	
7-8	10,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,519	6,259	0,00312	0,05250	
8-9	11,5	0,532	0,106	1,418	5,435	7,057	6,935	0,00189	0,05439	
9-10	12,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,616	7,624	0,00049	0,05487	
10-11	13,5	0,532	0,106	1,418	6,814	8,205	8,314	0,00039	0,05527	
11-12	14,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,554	9,749	0,00028	0,05555	
12-13	15,5	0,419	0,084	1,263	8,977	10,206	10,477	0,00026	0,05581	
13-14	16,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,844	11,204	0,00023	0,05604	
14-15	17,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,512	11,932	0,00020	0,05624	
15-16	18,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,198	12,659	0,00019	0,05643	

Pemadatan 8		H timb	0,5	m						
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_T	σ'_c	Sc	$\sum Sc$	
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m	
0-1	4	0,547	0,109	1,527	0,310	3,707	1,810	0,01007	0,01007	
1-2	5	0,547	0,109	1,527	0,930	4,158	2,430	0,00843	0,01850	
2-3	6	0,547	0,109	1,527	1,550	4,562	3,050	0,00693	0,02543	
3-4	7	0,547	0,109	1,527	2,170	4,942	3,670	0,00579	0,03122	
4-5	8	0,547	0,109	1,527	2,790	5,341	4,290	0,00488	0,03610	
5-6	9	0,519	0,104	1,435	3,432	5,765	4,932	0,00413	0,04023	
6-7	10	0,519	0,104	1,435	4,095	6,243	5,595	0,00353	0,04377	
7-8	11	0,519	0,104	1,435	4,759	6,733	6,259	0,00299	0,04676	
8-9	12	0,532	0,106	1,418	5,435	7,255	6,935	0,00265	0,04940	
9-10	13	0,532	0,106	1,418	6,124	7,800	7,624	0,00220	0,05160	
10-11	14	0,532	0,106	1,418	6,814	8,371	8,314	0,00091	0,05251	
11-12	15	0,419	0,084	1,263	8,249	9,716	9,749	0,00027	0,05278	
12-13	16	0,419	0,084	1,263	8,977	10,365	10,477	0,00025	0,05303	
13-14	17	0,419	0,084	1,263	9,704	10,988	11,204	0,00021	0,05324	
14-15	18	0,419	0,084	1,263	10,432	11,652	11,932	0,00020	0,05344	
15-16	19	0,419	0,084	1,263	11,159	12,324	12,659	0,00017	0,05360	

Tabel 12. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 9		H timb	0,5	m							Pemadatan 10		H timb	0,5	m						
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_o	σ'_c	Sc	ΣSc		Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_o	σ'_c	Sc	ΣSc	
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m							(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m	
0-1	4,5	0,547	0,109	1,527	0,310	4,076	1,810	0,00893	0,00893		0-1	5	0,547	0,109	1,527	0,310	4,432	1,810	0,00789	0,00789	
1-2	5,5	0,547	0,109	1,527	0,930	4,496	2,430	0,00736	0,01629		1-2	6	0,547	0,109	1,527	0,930	4,820	2,430	0,00655	0,01443	
2-3	6,5	0,547	0,109	1,527	1,550	4,868	3,050	0,00611	0,02240		2-3	7	0,547	0,109	1,527	1,550	5,161	3,050	0,00551	0,01994	
3-4	7,5	0,547	0,109	1,527	2,170	5,227	3,670	0,00526	0,02766		3-4	8	0,547	0,109	1,527	2,170	5,497	3,670	0,00474	0,02468	
4-5	8,5	0,547	0,109	1,527	2,790	5,597	4,290	0,00440	0,03206		4-5	9	0,547	0,109	1,527	2,790	5,849	4,290	0,00414	0,02882	
5-6	9,5	0,519	0,104	1,435	3,432	6,012	4,932	0,00387	0,03593		5-6	10	0,519	0,104	1,435	3,432	6,244	4,932	0,00350	0,03232	
6-7	10,5	0,519	0,104	1,435	4,095	6,459	5,595	0,00315	0,03908		6-7	11	0,519	0,104	1,435	4,095	6,673	5,595	0,00302	0,03534	
7-8	11,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,935	6,259	0,00273	0,04180		7-8	12	0,519	0,104	1,435	4,759	7,142	6,259	0,00272	0,03806	
8-9	12,5	0,532	0,106	1,418	5,435	7,449	6,935	0,00253	0,04433		8-9	13	0,532	0,106	1,418	5,435	7,638	6,935	0,00240	0,04046	
9-10	13,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,980	7,624	0,00218	0,04651		9-10	14	0,532	0,106	1,418	6,124	8,156	7,624	0,00209	0,04255	
10-11	14,5	0,532	0,106	1,418	6,814	8,542	8,314	0,00193	0,04845		10-11	15	0,532	0,106	1,418	6,814	8,704	8,314	0,00180	0,04435	
11-12	15,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,875	9,749	0,00108	0,04953		11-12	16	0,419	0,084	1,263	8,249	10,033	9,749	0,00128	0,04563	
12-13	16,5	0,419	0,084	1,263	8,977	10,514	10,477	0,00046	0,04999		12-13	17	0,419	0,084	1,263	8,977	10,658	10,477	0,00109	0,04672	
13-14	17,5	0,419	0,084	1,263	9,704	11,132	11,204	0,00021	0,05020		13-14	18	0,419	0,084	1,263	9,704	11,272	11,204	0,00059	0,04731	
14-15	18,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,793	11,932	0,00019	0,05039		14-15	19	0,419	0,084	1,263	10,432	11,919	11,932	0,00010	0,04741	
15-16	19,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,450	12,659	0,00016	0,05056		15-16	20	0,419	0,084	1,263	11,159	12,572	12,659	0,00016	0,04757	

Tabel 12. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 11		H timb	0.5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	$\sigma'_{1'}$	σ'_c	Sc	ΣSc
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	5.5	0,547	0,109	1,527	0,310	4,767	1,810	0,00685	0,00685
1-2	6.5	0,547	0,109	1,527	0,930	5,126	2,430	0,00579	0,01264
2-3	7.5	0,547	0,109	1,527	1,550	5,445	3,050	0,00505	0,01769
3-4	8.5	0,547	0,109	1,527	2,170	5,758	3,670	0,00436	0,02205
4-5	9.5	0,547	0,109	1,527	2,790	6,088	4,290	0,00377	0,02582
5-6	10.5	0,519	0,104	1,435	3,432	6,460	4,932	0,00315	0,02897
6-7	11.5	0,519	0,104	1,435	4,095	6,875	5,595	0,00275	0,03172
7-8	12.5	0,519	0,104	1,435	4,759	7,336	6,259	0,00248	0,03421
8-9	13.5	0,532	0,106	1,418	5,435	7,818	6,935	0,00223	0,03643
9-10	14.5	0,532	0,106	1,418	6,124	8,322	7,624	0,00192	0,03836
10-11	15.5	0,532	0,106	1,418	6,814	8,864	8,314	0,00174	0,04010
11-12	16.5	0,419	0,084	1,263	8,249	10,186	9,749	0,00122	0,04132
12-13	17.5	0,419	0,084	1,263	8,977	10,799	10,477	0,00105	0,04237
13-14	18.5	0,419	0,084	1,263	9,704	11,402	11,204	0,00092	0,04329
14-15	19.5	0,419	0,084	1,263	10,432	12,039	11,932	0,00081	0,04410
15-16	20.5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,689	12,659	0,00030	0,04440

Pemadatan 12		H timb	0.5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	$\sigma'_{1'}$	σ'_c	Sc	ΣSc
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	6	0,547	0,109	1,527	0,310	5,087	1,810	0,00612	0,00612
1-2	7	0,547	0,109	1,527	0,930	5,423	2,430	0,00530	0,01142
2-3	8	0,547	0,109	1,527	1,550	5,715	3,050	0,00455	0,01597
3-4	9	0,547	0,109	1,527	2,170	6,010	3,670	0,00403	0,02000
4-5	10	0,547	0,109	1,527	2,790	6,320	4,290	0,00352	0,02352
5-6	11	0,519	0,104	1,435	3,432	6,674	4,932	0,00302	0,02654
6-7	12	0,519	0,104	1,435	4,095	7,073	5,595	0,00263	0,02916
7-8	13	0,519	0,104	1,435	4,759	7,523	6,259	0,00233	0,03149
8-9	14	0,532	0,106	1,418	5,435	7,994	6,935	0,00213	0,03363
9-10	15	0,532	0,106	1,418	6,124	8,484	7,624	0,00184	0,03547
10-11	16	0,532	0,106	1,418	6,814	9,022	8,314	0,00169	0,03717
11-12	17	0,419	0,084	1,263	8,249	10,330	9,749	0,00113	0,03830
12-13	18	0,419	0,084	1,263	8,977	10,939	10,477	0,00104	0,03934
13-14	19	0,419	0,084	1,263	9,704	11,524	11,204	0,00086	0,04019
14-15	20	0,419	0,084	1,263	10,432	12,154	11,932	0,00077	0,04096
15-16	21	0,419	0,084	1,263	11,159	12,801	12,659	0,00070	0,04167

Tabel 12. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 13										Pemadatan 14									
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_{13}	σ'_c	Sc	$\sum Sc$	Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_{14}	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m						(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	6,5	0,547	0,109	1,527	0,310	5,393	1,810	0,00549	0,00549	0-1	7	0,547	0,109	1,527	0,310	5,687	1,810	0,00498	0,00498
1-2	7,5	0,547	0,109	1,527	0,930	5,707	2,430	0,00481	0,01030	1-2	8	0,547	0,109	1,527	0,930	5,977	2,430	0,00435	0,00933
2-3	8,5	0,547	0,109	1,527	1,550	5,973	3,050	0,00414	0,01445	2-3	9	0,547	0,109	1,527	1,550	6,225	3,050	0,00389	0,01322
3-4	9,5	0,547	0,109	1,527	2,170	6,258	3,670	0,00381	0,01826	3-4	10	0,547	0,109	1,527	2,170	6,489	3,670	0,00340	0,01662
4-5	10,5	0,547	0,109	1,527	2,790	6,536	4,290	0,00316	0,02142	4-5	11	0,547	0,109	1,527	2,790	6,749	4,290	0,00301	0,01963
5-6	11,5	0,519	0,104	1,435	3,432	6,879	4,932	0,00280	0,02422	5-6	12	0,519	0,104	1,435	3,432	7,086	4,932	0,00274	0,02237
6-7	12,5	0,519	0,104	1,435	4,095	7,262	5,595	0,00244	0,02666	6-7	13	0,519	0,104	1,435	4,095	7,447	5,595	0,00233	0,02470
7-8	13,5	0,519	0,104	1,435	4,759	7,703	6,259	0,00219	0,02884	7-8	14	0,519	0,104	1,435	4,759	7,874	6,259	0,00203	0,02673
8-9	14,5	0,532	0,106	1,418	5,435	8,160	6,935	0,00196	0,03080	8-9	15	0,532	0,106	1,418	5,435	8,322	6,935	0,00188	0,02861
9-10	15,5	0,532	0,106	1,418	6,124	8,642	7,624	0,00177	0,03257	9-10	16	0,532	0,106	1,418	6,124	8,801	7,624	0,00174	0,03035
10-11	16,5	0,532	0,106	1,418	6,814	9,175	8,314	0,00161	0,03418	10-11	17	0,532	0,106	1,418	6,814	9,319	8,314	0,00149	0,03184
11-12	17,5	0,419	0,084	1,263	8,249	10,474	9,749	0,00111	0,03530	11-12	18	0,419	0,084	1,263	8,249	10,615	9,749	0,00107	0,03291
12-13	18,5	0,419	0,084	1,263	8,977	11,079	10,477	0,00103	0,03632	12-13	19	0,419	0,084	1,263	8,977	11,202	10,477	0,00088	0,03379
13-14	19,5	0,419	0,084	1,263	9,704	11,648	11,204	0,00086	0,03719	13-14	20	0,419	0,084	1,263	9,704	11,765	11,204	0,00080	0,03460
14-15	20,5	0,419	0,084	1,263	10,432	12,271	11,932	0,00077	0,03796	14-15	21	0,419	0,084	1,263	10,432	12,387	11,932	0,00075	0,03535
15-16	21,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,914	12,659	0,00071	0,03867	15-16	22	0,419	0,084	1,263	11,159	13,028	12,659	0,00070	0,03605

Tabel 12. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 15	H timb	0,6	m						
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	$\sigma'_{15'}$	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	7,6	0,547	0,109	1,527	0,310	5,971	1,810	0,00459	0,00459
1-2	8,6	0,547	0,109	1,527	0,930	6,235	2,430	0,00397	0,00856
2-3	9,6	0,547	0,109	1,527	1,550	6,468	3,050	0,00360	0,01216
3-4	10,6	0,547	0,109	1,527	2,170	6,705	3,670	0,00308	0,01524
4-5	11,6	0,547	0,109	1,527	2,790	6,956	4,290	0,00284	0,01808
5-6	12,6	0,519	0,104	1,435	3,432	7,281	4,932	0,00250	0,02058
6-7	13,6	0,519	0,104	1,435	4,095	7,623	5,595	0,00217	0,02275
7-8	14,6	0,519	0,104	1,435	4,759	8,038	6,259	0,00190	0,02465
8-9	15,6	0,532	0,106	1,418	5,435	8,484	6,935	0,00184	0,02650
9-10	16,6	0,532	0,106	1,418	6,124	8,959	7,624	0,00171	0,02820
10-11	17,6	0,532	0,106	1,418	6,814	9,460	8,314	0,00143	0,02963
11-12	18,6	0,419	0,084	1,263	8,249	10,746	9,749	0,00099	0,03062
12-13	19,6	0,419	0,084	1,263	8,977	11,328	10,477	0,00090	0,03152
13-14	20,6	0,419	0,084	1,263	9,704	11,888	11,204	0,00083	0,03236
14-15	21,6	0,419	0,084	1,263	10,432	12,504	11,932	0,00076	0,03311
15-16	22,6	0,419	0,084	1,263	11,159	13,141	12,659	0,00070	0,03381

Tabel 13. Hasil Perhitungan Perubahan Tegangan untuk $U < 100\%$ Akibat Penimbunan Bertahap 15 Minggu

Tegangan efektif																		
Tegangan	Hi (m)	z (m)	Po' t/m2	σ1' t/m2	σ2' t/m2	σ3' t/m2	σ4' t/m2	σ5' t/m2	σ6' t/m2	σ7' t/m2	σ8' t/m2	σ9' t/m2	σ10' t/m2	σ11' t/m2	σ12' t/m2	σ13' t/m2	σ14' t/m2	σ15' t/m2
Kedalaman			H= 0m	H= 0,5m	H= 1m	H= 1,5m	H= 2m	H= 2,5m	H= 3m	H= 3,5m	H= 4m	H= 4,5m	H= 5m	H= 5,5m	H= 6m	H= 6,5m	H= 7m	H= 7,5m
1	1	0,5	0,310	0,760	1,210	1,656	2,092	2,520	2,934	3,330	3,707	4,076	4,432	4,767	5,087	5,393	5,687	5,971
2	1	1,5	0,930	1,371	1,812	2,241	2,655	3,052	3,430	3,801	4,158	4,496	4,820	5,126	5,423	5,707	5,977	6,235
3	1	2,5	1,550	1,982	2,396	2,796	3,174	3,543	3,899	4,238	4,562	4,868	5,161	5,445	5,715	5,973	6,225	6,468
4	1	3,5	2,170	2,575	2,953	3,322	3,679	4,017	4,341	4,647	4,942	5,227	5,497	5,758	6,010	6,258	6,489	6,705
5	1	4,5	2,790	3,159	3,519	3,861	4,185	4,491	4,787	5,071	5,341	5,597	5,849	6,088	6,320	6,536	6,749	6,956
6	1	5,5	3,432	3,774	4,098	4,404	4,701	4,986	5,256	5,513	5,765	6,012	6,244	6,460	6,674	6,879	7,086	7,281
7	1	6,5	4,095	4,401	4,698	4,983	5,253	5,519	5,771	6,009	6,243	6,459	6,673	6,875	7,073	7,262	7,447	7,623
8	1	7,5	4,759	5,047	5,317	5,578	5,830	6,073	6,303	6,519	6,733	6,935	7,142	7,336	7,523	7,703	7,874	8,038
9	1	8,5	5,435	5,696	5,948	6,191	6,425	6,641	6,853	7,057	7,255	7,449	7,638	7,818	7,994	8,160	8,322	8,484
10	1	9,5	6,124	6,358	6,592	6,812	7,024	7,226	7,426	7,616	7,800	7,980	8,156	8,322	8,484	8,642	8,801	8,959
11	1	10,5	6,814	7,030	7,246	7,453	7,651	7,845	8,038	8,205	8,371	8,542	8,704	8,864	9,022	9,175	9,319	9,460
12	1	11,5	8,249	8,447	8,654	8,843	9,032	9,212	9,389	9,554	9,716	9,875	10,033	10,186	10,330	10,474	10,615	10,746
13	1	12,5	8,977	9,166	9,355	9,535	9,711	9,882	10,044	10,206	10,365	10,514	10,658	10,799	10,939	11,079	11,202	11,328
14	1	13,5	9,704	9,875	10,046	10,217	10,379	10,538	10,691	10,844	10,988	11,132	11,272	11,402	11,524	11,648	11,765	11,888
15	1	14,5	10,432	10,597	10,759	10,918	11,076	11,224	11,368	11,512	11,652	11,793	11,919	12,039	12,154	12,271	12,387	12,504
16	1	15,5	11,159	11,321	11,480	11,633	11,777	11,917	12,057	12,198	12,324	12,450	12,572	12,689	12,801	12,914	13,028	13,141

Tabel 14. Hasil Perhitungan Perubahan Tegangan untuk $U < 100\%$ Akibat Penimbunan Bertahap 15 Minggu

Perubahan Tegangan	Derajat Konsolidasi $U < 100\%$																
	Po'	$\Delta P_1'$	$\Delta P_2'$	$\Delta P_3'$	$\Delta P_4'$	$\Delta P_5'$	$\Delta P_6'$	$\Delta P_7'$	$\Delta P_8'$	$\Delta P_9'$	$\Delta P_{10}'$	$\Delta P_{11}'$	$\Delta P_{12}'$	$\Delta P_{13}'$	$\Delta P_{14}'$	$\Delta P_{15}'$	$\Sigma \sigma'$
	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2
Tinggi Timbunan	H= 0m	H= 0,5m	H= 1m	H= 1,5m	H= 2m	H= 2,5m	H= 3m	H= 3,5m	H= 4m	H= 4,5m	H= 5m	H= 5,5m	H= 6m	H= 6,5m	H= 7m	H= 7,5m	
Umur Timbunan	-	15 minggu	14 minggu	13 minggu	12 minggu	11 minggu	10 minggu	9 minggu	8 minggu	7 minggu	6 minggu	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu	
Kedalaman/ U	-	0,827116	0,806089	0,782486	0,755987	0,726232	0,69281	0,655261	0,613059	0,565606	0,512217	0,452101	0,384331	0,307791	0,221052	0,121957	
1	0,310	0,341	0,346	0,337	0,320	0,303	0,280	0,254	0,226	0,204	0,179	0,148	0,121	0,092	0,064	0,034	3,558
2	0,930	0,352	0,346	0,327	0,306	0,283	0,257	0,239	0,215	0,188	0,163	0,136	0,112	0,086	0,059	0,031	4,030
3	1,550	0,350	0,327	0,307	0,281	0,264	0,243	0,219	0,196	0,171	0,148	0,127	0,102	0,078	0,055	0,029	4,447
4	2,170	0,330	0,301	0,285	0,266	0,243	0,222	0,198	0,179	0,159	0,137	0,116	0,096	0,075	0,050	0,026	4,853
5	2,790	0,302	0,287	0,265	0,243	0,220	0,203	0,184	0,164	0,143	0,128	0,107	0,088	0,066	0,046	0,025	5,261
6	3,432	0,281	0,259	0,238	0,223	0,205	0,186	0,167	0,153	0,138	0,118	0,097	0,081	0,062	0,045	0,023	5,708
7	4,095	0,252	0,238	0,221	0,203	0,192	0,173	0,155	0,142	0,121	0,109	0,090	0,075	0,058	0,041	0,021	6,187
8	4,759	0,237	0,217	0,203	0,189	0,175	0,159	0,141	0,130	0,113	0,105	0,087	0,071	0,055	0,037	0,020	6,699
9	5,435	0,215	0,202	0,189	0,176	0,156	0,146	0,133	0,121	0,109	0,096	0,081	0,067	0,051	0,036	0,020	7,233
10	6,124	0,193	0,188	0,171	0,160	0,146	0,138	0,124	0,112	0,101	0,090	0,074	0,062	0,048	0,035	0,019	7,786
11	6,814	0,178	0,174	0,161	0,149	0,141	0,133	0,109	0,101	0,096	0,083	0,072	0,061	0,047	0,032	0,017	8,367
12	8,249	0,163	0,166	0,148	0,143	0,130	0,122	0,108	0,099	0,089	0,081	0,069	0,055	0,044	0,031	0,016	9,714
13	8,977	0,156	0,152	0,141	0,133	0,124	0,112	0,106	0,097	0,084	0,074	0,063	0,054	0,043	0,027	0,015	10,357
14	9,704	0,141	0,138	0,134	0,122	0,115	0,106	0,100	0,088	0,081	0,072	0,058	0,047	0,038	0,026	0,015	10,985
15	10,432	0,137	0,130	0,124	0,120	0,107	0,100	0,094	0,086	0,079	0,064	0,054	0,044	0,036	0,025	0,014	11,646
16	11,159	0,134	0,128	0,120	0,109	0,102	0,097	0,092	0,077	0,071	0,063	0,053	0,043	0,035	0,025	0,014	12,319

Tabel 15. Hasil Perhitungan Peningkatan Cu

Kedalaman (m)	PI	Cu Lama t/m2	Cu Baru t/m2
0-1	31,730	3,389	1,231
1-2	31,730	3,389	1,296
2-3	31,730	3,389	1,354
3-4	31,730	3,389	1,411
4-5	31,730	3,389	1,467
5-6	33,940	4,624	1,509
6-7	33,940	4,624	1,574
7-8	33,940	4,624	1,643
8-9	28,790	3,725	1,775
9-10	28,790	3,725	1,855
10-11	28,790	3,725	1,938
11-12	30,295	6,687	2,108
12-13	30,295	6,687	2,199
13-14	30,295	6,687	2,287
14-15	30,295	6,687	2,381
15-16	30,295	6,687	2,476

H oprit = 5 m

Tabel 16. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap

Pemadatan ke 1				H timbunan = 0,500				m	
akibat timbunan				Q =	0,9	t/m			
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$	
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)	
0-1	0,5	5,500	=	11,000	=	0,250	0,500	0,450	
1-2	1,5	5,500	=	3,667	=	0,245	0,490	0,441	
2-3	2,5	5,500	=	2,200	=	0,240	0,480	0,432	
3-4	3,5	5,500	=	1,571	=	0,225	0,450	0,405	
4-5	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410	0,369	
5-6	5,5	5,500	=	1,000	=	0,190	0,380	0,342	
6-7	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306	
7-8	7,5	5,500	=	0,733	=	0,160	0,320	0,288	
8-9	8,5	5,500	=	0,647	=	0,145	0,290	0,261	
9-10	9,5	5,500	=	0,579	=	0,130	0,260	0,234	
10-11	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216	
11-12	11,5	5,500	=	0,478	=	0,110	0,220	0,198	
12-13	12,5	5,500	=	0,440	=	0,105	0,210	0,189	
13-14	13,5	5,500	=	0,407	=	0,095	0,190	0,171	
14-15	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166	
15-16	15,5	5,500	=	0,355	=	0,090	0,180	0,162	

Pemadatan ke 2				H timbunan = 0,500				m	
akibat timbunan				Q =	0,9	t/m			
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$	
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)	
0-1	1,0	5,500	=	5,500	=	0,250	0,500	0,450	
1-2	2,0	5,500	=	2,750	=	0,245	0,490	0,441	
2-3	3,0	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414	
3-4	4,0	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378	
4-5	5,0	5,500	=	1,100	=	0,200	0,400	0,360	
5-6	6,0	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324	
6-7	7,0	5,500	=	0,786	=	0,165	0,330	0,297	
7-8	8,0	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270	
8-9	9,0	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252	
9-10	10,0	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260	0,234	
10-11	11,0	5,500	=	0,500	=	0,120	0,240	0,216	
11-12	12,0	5,500	=	0,458	=	0,115	0,230	0,207	
12-13	13,0	5,500	=	0,423	=	0,105	0,210	0,189	
13-14	14,0	5,500	=	0,393	=	0,095	0,190	0,171	
14-15	15,0	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162	
15-16	16,0	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158	

Pemadatan ke 3				H timbunan = 0,500				m	
akibat timbunan				Q =	0,9	t/m			
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$	
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)	
0-1	1,5	5,500	=	3,67	=	0,248	0,496	0,446	
1-2	2,5	5,500	=	2,20	=	0,238	0,476	0,428	
2-3	3,5	5,500	=	1,57	=	0,222	0,444	0,400	
3-4	4,5	5,500	=	1,22	=	0,205	0,41	0,369	
4-5	5,5	5,500	=	1,00	=	0,19	0,38	0,342	
5-6	6,5	5,500	=	0,85	=	0,17	0,34	0,306	
6-7	7,5	5,500	=	0,73	=	0,158	0,316	0,284	
7-8	8,5	5,500	=	0,65	=	0,145	0,29	0,261	
8-9	9,5	5,500	=	0,58	=	0,135	0,27	0,243	
9-10	10,5	5,500	=	0,52	=	0,122	0,244	0,220	
10-11	11,5	5,500	=	0,48	=	0,115	0,23	0,207	
11-12	12,5	5,500	=	0,44	=	0,105	0,21	0,189	
12-13	13,5	5,500	=	0,41	=	0,1	0,2	0,180	
13-14	14,5	5,500	=	0,38	=	0,095	0,19	0,171	
14-15	15,5	5,500	=	0,35	=	0,088	0,176	0,158	
15-16	16,5	5,500	=	0,33	=	0,085	0,17	0,153	

Tabel 16. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 4				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan				Q =	0,9	t/m		
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	2,0	5,500	=	2,750	=	0,242	0,484	0,436
1-2	3	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414
2-3	4	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378
3-4	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
4-5	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
5-6	7	5,500	=	0,786	=	0,165	0,330	0,297
6-7	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
7-8	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
8-9	10	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260	0,234
9-10	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212
10-11	12	5,500	=	0,458	=	0,110	0,220	0,198
11-12	13	5,500	=	0,423	=	0,105	0,210	0,189
12-13	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
13-14	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
14-15	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
15-16	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144

Pemadatan ke 5				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan				Q =	0,9	t/m		
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	2,5	5,500	=	2,200	=	0,238	0,476	0,428
1-2	3,5	5,500	=	1,571	=	0,221	0,442	0,398
2-3	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410	0,369
3-4	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376	0,338
4-5	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
5-6	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
6-7	8,5	5,500	=	0,647	=	0,148	0,296	0,266
7-8	9,5	5,500	=	0,579	=	0,135	0,270	0,243
8-9	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
9-10	11,5	5,500	=	0,478	=	0,112	0,224	0,202
10-11	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216	0,194
11-12	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180
12-13	14,5	5,500	=	0,379	=	0,095	0,190	0,171
13-14	15,5	5,500	=	0,355	=	0,088	0,176	0,158
14-15	16,5	5,500	=	0,333	=	0,082	0,164	0,148
15-16	17,5	5,500	=	0,314	=	0,078	0,156	0,140

Pemadatan ke 6				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan				Q =	0,9	t/m		
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	3	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414
1-2	4	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378
2-3	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
3-4	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
4-5	7	5,500	=	0,786	=	0,164	0,328	0,295
5-6	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
6-7	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
7-8	10	5,500	=	0,550	=	0,128	0,256	0,230
8-9	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212
9-10	12	5,500	=	0,458	=	0,111	0,222	0,200
10-11	13	5,500	=	0,423	=	0,107	0,214	0,193
11-12	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
12-13	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
13-14	16	5,500	=	0,344	=	0,085	0,170	0,153
14-15	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
15-16	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140

Tabel 16. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 7				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	3,5	5,500	=	1,571	=	0,220	0,440	0,396
1-2	4,5	5,500	=	1,222	=	0,206	0,412	0,371
2-3	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376	0,338
3-4	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
4-5	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
5-6	8,5	5,500	=	0,647	=	0,143	0,286	0,257
6-7	9,5	5,500	=	0,579	=	0,132	0,264	0,238
7-8	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
8-9	11,5	5,500	=	0,478	=	0,113	0,226	0,203
9-10	12,5	5,500	=	0,440	=	0,106	0,212	0,191
10-11	13,5	5,500	=	0,407	=	0,093	0,186	0,167
11-12	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166
12-13	15,5	5,500	=	0,355	=	0,090	0,180	0,162
13-14	16,5	5,500	=	0,333	=	0,085	0,170	0,153
14-15	17,5	5,500	=	0,314	=	0,080	0,160	0,144
15-16	18,5	5,500	=	0,297	=	0,078	0,156	0,140

Pemadatan ke 8				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	4,0	5,500	=	1,375	=	0,209	0,418	0,376
1-2	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
2-3	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
3-4	7	5,500	=	0,786	=	0,164	0,328	0,295
4-5	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
5-6	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
6-7	10	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260	0,234
7-8	11	5,500	=	0,500	=	0,119	0,238	0,214
8-9	12	5,500	=	0,458	=	0,110	0,220	0,198
9-10	13	5,500	=	0,423	=	0,102	0,204	0,184
10-11	14	5,500	=	0,393	=	0,092	0,184	0,166
11-12	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
12-13	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
13-14	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
14-15	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140
15-16	19	5,500	=	0,289	=	0,070	0,140	0,126

Pemadatan ke 9				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410	0,369
1-2	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376	0,338
2-3	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
3-4	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
4-5	8,5	5,500	=	0,647	=	0,142	0,284	0,256
5-6	9,5	5,500	=	0,579	=	0,137	0,274	0,247
6-7	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
7-8	11,5	5,500	=	0,478	=	0,112	0,224	0,202
8-9	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216	0,194
9-10	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180
10-11	14,5	5,500	=	0,379	=	0,095	0,190	0,171
11-12	15,5	5,500	=	0,355	=	0,088	0,176	0,158
12-13	16,5	5,500	=	0,333	=	0,083	0,166	0,149
13-14	17,5	5,500	=	0,314	=	0,080	0,160	0,144
14-15	18,5	5,500	=	0,297	=	0,078	0,156	0,140
15-16	19,5	5,500	=	0,282	=	0,070	0,140	0,126

Tabel 16. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 10			H timbunan = 0,500		m			
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m				
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	5,0	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
1-2	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
2-3	7	5,500	=	0,786	=	0,163	0,326	0,293
3-4	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
4-5	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
5-6	10	5,500	=	0,550	=	0,129	0,258	0,232
6-7	11	5,500	=	0,500	=	0,119	0,238	0,214
7-8	12	5,500	=	0,458	=	0,115	0,230	0,207
8-9	13	5,500	=	0,423	=	0,105	0,210	0,189
9-10	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
10-11	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
11-12	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
12-13	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
13-14	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140
14-15	19	5,500	=	0,289	=	0,070	0,140	0,126
15-16	20	5,500	=	0,275	=	0,068	0,136	0,122

Pemadatan ke 11			H timbunan = 0,500		m			
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m				
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	5,5	5,500	=	1,000	=	0,186	0,372	0,335
1-2	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
2-3	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
3-4	8,5	5,500	=	0,647	=	0,145	0,290	0,261
4-5	9,5	5,500	=	0,579	=	0,133	0,266	0,239
5-6	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
6-7	11,5	5,500	=	0,478	=	0,112	0,224	0,202
7-8	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216	0,194
8-9	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180
9-10	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166
10-11	15,5	5,500	=	0,355	=	0,089	0,178	0,160
11-12	16,5	5,500	=	0,333	=	0,085	0,170	0,153
12-13	17,5	5,500	=	0,314	=	0,078	0,156	0,140
13-14	18,5	5,500	=	0,297	=	0,072	0,144	0,130
14-15	19,5	5,500	=	0,282	=	0,067	0,134	0,121
15-16	20,5	5,500	=	0,268	=	0,065	0,130	0,117

Pemadatan ke 12			H timbunan = 0,500		m			
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m				
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	6,0	5,500	=	0,917	=	0,178	0,356	0,320
1-2	7	5,500	=	0,786	=	0,165	0,330	0,297
2-3	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
3-4	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
4-5	10	5,500	=	0,550	=	0,129	0,258	0,232
5-6	11	5,500	=	0,500	=	0,119	0,238	0,214
6-7	12	5,500	=	0,458	=	0,110	0,220	0,198
7-8	13	5,500	=	0,423	=	0,104	0,208	0,187
8-9	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
9-10	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
10-11	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
11-12	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
12-13	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140
13-14	19	5,500	=	0,289	=	0,068	0,136	0,122
14-15	20	5,500	=	0,275	=	0,064	0,128	0,115
15-16	21	5,500	=	0,262	=	0,062	0,124	0,112

Tabel 16. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 13				H timbunan = 0,400		m		
akibat timbunan		Q = 0,9		t/m				
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	Δσ'
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m2)
0-1	6,4	5,500	=	0,859	=	0,170	0,340	0,306
1-2	7,4	5,500	=	0,743	=	0,158	0,316	0,284
2-3	8,4	5,500	=	0,655	=	0,143	0,286	0,257
3-4	9,4	5,500	=	0,585	=	0,138	0,276	0,248
4-5	10,4	5,500	=	0,529	=	0,120	0,240	0,216
5-6	11,4	5,500	=	0,482	=	0,114	0,228	0,205
6-7	12,4	5,500	=	0,444	=	0,105	0,210	0,189
7-8	13,4	5,500	=	0,410	=	0,100	0,200	0,180
8-9	14,4	5,500	=	0,382	=	0,092	0,184	0,166
9-10	15,4	5,500	=	0,357	=	0,088	0,176	0,158
10-11	16,4	5,500	=	0,335	=	0,085	0,170	0,153
11-12	17,4	5,500	=	0,316	=	0,080	0,160	0,144
12-13	18,4	5,500	=	0,299	=	0,078	0,156	0,140
13-14	19,4	5,500	=	0,284	=	0,069	0,138	0,124
14-15	20,4	5,500	=	0,270	=	0,065	0,130	0,117
15-16	21,4	5,500	=	0,257	=	0,063	0,126	0,113

Tabel 17. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap

Pemadatan 1									Pemadatan 2										
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'o	σ'1'	σ'c	Sc	ΣSc	Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'o	σ'2'	σ'c	Sc	ΣSc
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m						(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m
0-1	0,5	0,547	0,109	1,527	0,310	0,760	1,810	0,01687	0,01687	0-1	1,0	0,547	0,109	1,527	0,310	1,210	1,810	0,00875	0,00875
1-2	1,5	0,547	0,109	1,527	0,930	1,371	2,430	0,00730	0,02417	1-2	2,0	0,547	0,109	1,527	0,930	1,812	2,430	0,00525	0,01400
2-3	2,5	0,547	0,109	1,527	1,550	1,982	3,050	0,00462	0,02879	2-3	3,0	0,547	0,109	1,527	1,550	2,396	3,050	0,00357	0,01756
3-4	3,5	0,547	0,109	1,527	2,170	2,575	3,670	0,00322	0,03201	3-4	4,0	0,547	0,109	1,527	2,170	2,953	3,670	0,00258	0,02014
4-5	4,5	0,547	0,109	1,527	2,790	3,159	4,290	0,00234	0,03435	4-5	5,0	0,547	0,109	1,527	2,790	3,519	4,290	0,00203	0,02217
5-6	5,5	0,519	0,104	1,435	3,432	3,774	4,932	0,00176	0,03611	5-6	6,0	0,519	0,104	1,435	3,432	4,098	4,932	0,00152	0,02369
6-7	6,5	0,519	0,104	1,435	4,095	4,401	5,595	0,00133	0,03744	6-7	7,0	0,519	0,104	1,435	4,095	4,698	5,595	0,00121	0,02490
7-8	7,5	0,519	0,104	1,435	4,759	5,047	6,259	0,00109	0,03853	7-8	8,0	0,519	0,104	1,435	4,759	5,317	6,259	0,00096	0,02587
8-9	8,5	0,532	0,106	1,418	5,435	5,696	6,935	0,00090	0,03942	8-9	9,0	0,532	0,106	1,418	5,435	5,948	6,935	0,00083	0,02669
9-10	9,5	0,532	0,106	1,418	6,124	6,358	7,624	0,00072	0,04014	9-10	10,0	0,532	0,106	1,418	6,124	6,592	7,624	0,00069	0,02739
10-11	10,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,030	8,314	0,00060	0,04074	10-11	11,0	0,532	0,106	1,418	6,814	7,246	8,314	0,00058	0,02796
11-12	11,5	0,419	0,084	1,263	8,249	8,447	9,749	0,00038	0,04112	11-12	12,0	0,419	0,084	1,263	8,249	8,654	9,749	0,00039	0,02835
12-13	12,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,166	10,477	0,00034	0,04146	12-13	13,0	0,419	0,084	1,263	8,977	9,355	10,477	0,00033	0,02868
13-14	13,5	0,419	0,084	1,263	9,704	9,875	11,204	0,00028	0,04174	13-14	14,0	0,419	0,084	1,263	9,704	10,046	11,204	0,00028	0,02896
14-15	14,5	0,419	0,084	1,263	10,432	10,597	11,932	0,00025	0,04199	14-15	15,0	0,419	0,084	1,263	10,432	10,759	11,932	0,00024	0,02920
15-16	15,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,321	12,659	0,00023	0,04222	15-16	16,0	0,419	0,084	1,263	11,159	11,480	12,659	0,00022	0,02943

Tabel 17. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 3										Pemadatan 4									
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_1	σ'_c	Sc	$\sum Sc$	Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_1	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m						(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	1,5	0,547	0,109	1,527	0,310	1,656	1,810	0,00591	0,00591	0-1	2	0,547	0,109	1,527	0,310	2,092	1,810	0,01529	0,01529
1-2	2,5	0,547	0,109	1,527	0,930	2,241	2,430	0,00399	0,00990	1-2	3	0,547	0,109	1,527	0,930	2,655	2,430	0,00984	0,02512
2-3	3,5	0,547	0,109	1,527	1,550	2,796	3,050	0,00290	0,01280	2-3	4	0,547	0,109	1,527	1,550	3,174	3,050	0,00537	0,03050
3-4	4,5	0,547	0,109	1,527	2,170	3,322	3,670	0,00221	0,01502	3-4	5	0,547	0,109	1,527	2,170	3,679	3,670	0,00209	0,03259
4-5	5,5	0,547	0,109	1,527	2,790	3,861	4,290	0,00174	0,01676	4-5	6	0,547	0,109	1,527	2,790	4,185	4,290	0,00152	0,03410
5-6	6,5	0,519	0,104	1,435	3,432	4,404	4,932	0,00133	0,01809	5-6	7	0,519	0,104	1,435	3,432	4,701	4,932	0,00121	0,03531
6-7	7,5	0,519	0,104	1,435	4,095	4,983	5,595	0,00109	0,01918	6-7	8	0,519	0,104	1,435	4,095	5,253	5,595	0,00098	0,03629
7-8	8,5	0,519	0,104	1,435	4,759	5,578	6,259	0,00089	0,02007	7-8	9	0,519	0,104	1,435	4,759	5,830	6,259	0,00082	0,03711
8-9	9,5	0,532	0,106	1,418	5,435	6,191	6,935	0,00077	0,02083	8-9	10	0,532	0,106	1,418	5,435	6,425	6,935	0,00071	0,03781
9-10	10,5	0,532	0,106	1,418	6,124	6,812	7,624	0,00063	0,02146	9-10	11	0,532	0,106	1,418	6,124	7,024	7,624	0,00059	0,03840
10-11	11,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,453	8,314	0,00054	0,02200	10-11	12	0,532	0,106	1,418	6,814	7,651	8,314	0,00050	0,03890
11-12	12,5	0,419	0,084	1,263	8,249	8,843	9,749	0,00035	0,02235	11-12	13	0,419	0,084	1,263	8,249	9,032	9,749	0,00034	0,03924
12-13	13,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,535	10,477	0,00031	0,02265	12-13	14	0,419	0,084	1,263	8,977	9,711	10,477	0,00030	0,03954
13-14	14,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,217	11,204	0,00027	0,02292	13-14	15	0,419	0,084	1,263	9,704	10,379	11,204	0,00025	0,03979
14-15	15,5	0,419	0,084	1,263	10,432	10,918	11,932	0,00024	0,02316	14-15	16	0,419	0,084	1,263	10,432	11,076	11,932	0,00023	0,04002
15-16	16,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,633	12,659	0,00021	0,02337	15-16	17	0,419	0,084	1,263	11,159	11,777	12,659	0,00020	0,04022

Tabel 17. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 5		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_s	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	2,5	0,547	0,109	1,527	0,310	2,520	1,810	0,01752	0,01752
1-2	3,5	0,547	0,109	1,527	0,930	3,052	2,430	0,01314	0,03066
2-3	4,5	0,547	0,109	1,527	1,550	3,543	3,050	0,01035	0,04101
3-4	5,5	0,547	0,109	1,527	2,170	4,017	3,670	0,00828	0,04928
4-5	6,5	0,547	0,109	1,527	2,790	4,491	4,290	0,00477	0,05406
5-6	7,5	0,519	0,104	1,435	3,432	4,986	4,932	0,00188	0,05594
6-7	8,5	0,519	0,104	1,435	4,095	5,519	5,595	0,00092	0,05685
7-8	9,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,073	6,259	0,00076	0,05761
8-9	10,5	0,532	0,106	1,418	5,435	6,641	6,935	0,00063	0,05824
9-10	11,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,226	7,624	0,00054	0,05878
10-11	12,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,845	8,314	0,00048	0,05926
11-12	13,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,212	9,749	0,00032	0,05958
12-13	14,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,882	10,477	0,00028	0,05986
13-14	15,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,538	11,204	0,00024	0,06011
14-15	16,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,224	11,932	0,00021	0,06032
15-16	17,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,917	12,659	0,00019	0,06051

Pemadatan 6		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_s	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	3	0,547	0,109	1,527	0,310	2,934	1,810	0,01431	0,01431
1-2	4	0,547	0,109	1,527	0,930	3,430	2,430	0,01098	0,02529
2-3	5	0,547	0,109	1,527	1,550	3,899	3,050	0,00902	0,03431
3-4	6	0,547	0,109	1,527	2,170	4,341	3,670	0,00730	0,04160
4-5	7	0,547	0,109	1,527	2,790	4,787	4,290	0,00599	0,04759
5-6	8	0,519	0,104	1,435	3,432	5,256	4,932	0,00488	0,05247
6-7	9	0,519	0,104	1,435	4,095	5,771	5,595	0,00311	0,05558
7-8	10	0,519	0,104	1,435	4,759	6,303	6,259	0,00121	0,05679
8-9	11	0,532	0,106	1,418	5,435	6,853	6,935	0,00060	0,05740
9-10	12	0,532	0,106	1,418	6,124	7,426	7,624	0,00052	0,05792
10-11	13	0,532	0,106	1,418	6,814	8,038	8,314	0,00046	0,05838
11-12	14	0,419	0,084	1,263	8,249	9,389	9,749	0,00031	0,05869
12-13	15	0,419	0,084	1,263	8,977	10,044	10,477	0,00026	0,05895
13-14	16	0,419	0,084	1,263	9,704	10,691	11,204	0,00023	0,05918
14-15	17	0,419	0,084	1,263	10,432	11,368	11,932	0,00021	0,05939
15-16	18	0,419	0,084	1,263	11,159	12,057	12,659	0,00019	0,05957

Tabel 17. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 7		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_7	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	3,5	0,547	0,109	1,527	0,310	3,330	1,810	0,011908	0,011908
1-2	4,5	0,547	0,109	1,527	0,930	3,801	2,430	0,009655	0,021563
2-3	5,5	0,547	0,109	1,527	1,550	4,238	3,050	0,007829	0,029392
3-4	6,5	0,547	0,109	1,527	2,170	4,647	3,670	0,006407	0,035799
4-5	7,5	0,547	0,109	1,527	2,790	5,071	4,290	0,005429	0,041228
5-6	8,5	0,519	0,104	1,435	3,432	5,513	4,932	0,004422	0,045650
6-7	9,5	0,519	0,104	1,435	4,095	6,009	5,595	0,003731	0,049382
7-8	10,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,519	6,259	0,003116	0,052498
8-9	11,5	0,532	0,106	1,418	5,435	7,057	6,935	0,001892	0,054389
9-10	12,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,616	7,624	0,000485	0,054875
10-11	13,5	0,532	0,106	1,418	6,814	8,205	8,314	0,000394	0,055269
11-12	14,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,554	9,749	0,000281	0,055551
12-13	15,5	0,419	0,084	1,263	8,977	10,206	10,477	0,000258	0,055808
13-14	16,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,844	11,204	0,000229	0,056037
14-15	17,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,512	11,932	0,000203	0,056240
15-16	18,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,198	12,659	0,000186	0,056426

Pemadatan 8		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_8	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	4	0,547	0,109	1,527	0,310	3,707	1,810	0,01007	0,01007
1-2	5	0,547	0,109	1,527	0,930	4,158	2,430	0,00843	0,01850
2-3	6	0,547	0,109	1,527	1,550	4,562	3,050	0,00693	0,02543
3-4	7	0,547	0,109	1,527	2,170	4,942	3,670	0,00579	0,03122
4-5	8	0,547	0,109	1,527	2,790	5,341	4,290	0,00488	0,03610
5-6	9	0,519	0,104	1,435	3,432	5,765	4,932	0,00413	0,04023
6-7	10	0,519	0,104	1,435	4,095	6,243	5,595	0,00353	0,04377
7-8	11	0,519	0,104	1,435	4,759	6,733	6,259	0,00299	0,04676
8-9	12	0,532	0,106	1,418	5,435	7,255	6,935	0,00265	0,04940
9-10	13	0,532	0,106	1,418	6,124	7,800	7,624	0,00220	0,05160
10-11	14	0,532	0,106	1,418	6,814	8,371	8,314	0,00091	0,05251
11-12	15	0,419	0,084	1,263	8,249	9,716	9,749	0,00027	0,05278
12-13	16	0,419	0,084	1,263	8,977	10,365	10,477	0,00025	0,05303
13-14	17	0,419	0,084	1,263	9,704	10,988	11,204	0,00021	0,05324
14-15	18	0,419	0,084	1,263	10,432	11,652	11,932	0,00020	0,05344
15-16	19	0,419	0,084	1,263	11,159	12,324	12,659	0,00017	0,05360

Tabel 17. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 9		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_l	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	4,5	0,547	0,109	1,527	0,310	4,076	1,810	0,00893	0,00893
1-2	5,5	0,547	0,109	1,527	0,930	4,496	2,430	0,00736	0,01629
2-3	6,5	0,547	0,109	1,527	1,550	4,868	3,050	0,00611	0,02240
3-4	7,5	0,547	0,109	1,527	2,170	5,227	3,670	0,00526	0,02766
4-5	8,5	0,547	0,109	1,527	2,790	5,597	4,290	0,00440	0,03206
5-6	9,5	0,519	0,104	1,435	3,432	6,012	4,932	0,00387	0,03593
6-7	10,5	0,519	0,104	1,435	4,095	6,459	5,595	0,00315	0,03908
7-8	11,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,935	6,259	0,00273	0,04180
8-9	12,5	0,532	0,106	1,418	5,435	7,449	6,935	0,00253	0,04433
9-10	13,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,980	7,624	0,00218	0,04651
10-11	14,5	0,532	0,106	1,418	6,814	8,542	8,314	0,00193	0,04845
11-12	15,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,875	9,749	0,00108	0,04953
12-13	16,5	0,419	0,084	1,263	8,977	10,514	10,477	0,00046	0,04999
13-14	17,5	0,419	0,084	1,263	9,704	11,132	11,204	0,00021	0,05020
14-15	18,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,793	11,932	0,00019	0,05039
15-16	19,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,450	12,659	0,00016	0,05056

Pemadatan 10		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_l	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	5	0,547	0,109	1,527	0,310	4,432	1,810	0,00789	0,00789
1-2	6	0,547	0,109	1,527	0,930	4,820	2,430	0,00655	0,01443
2-3	7	0,547	0,109	1,527	1,550	5,161	3,050	0,00551	0,01994
3-4	8	0,547	0,109	1,527	2,170	5,497	3,670	0,00474	0,02468
4-5	9	0,547	0,109	1,527	2,790	5,849	4,290	0,00414	0,02882
5-6	10	0,519	0,104	1,435	3,432	6,244	4,932	0,00350	0,03232
6-7	11	0,519	0,104	1,435	4,095	6,673	5,595	0,00302	0,03534
7-8	12	0,519	0,104	1,435	4,759	7,142	6,259	0,00272	0,03806
8-9	13	0,532	0,106	1,418	5,435	7,638	6,935	0,00240	0,04046
9-10	14	0,532	0,106	1,418	6,124	8,156	7,624	0,00209	0,04255
10-11	15	0,532	0,106	1,418	6,814	8,704	8,314	0,00180	0,04435
11-12	16	0,419	0,084	1,263	8,249	10,033	9,749	0,00128	0,04563
12-13	17	0,419	0,084	1,263	8,977	10,658	10,477	0,00109	0,04672
13-14	18	0,419	0,084	1,263	9,704	11,272	11,204	0,00059	0,04731
14-15	19	0,419	0,084	1,263	10,432	11,919	11,932	0,00010	0,04741
15-16	20	0,419	0,084	1,263	11,159	12,572	12,659	0,00016	0,04757

Tabel 17. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 11										Pemadatan 12									
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_{11}	σ'_c	Sc	$\sum Sc$	Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_{12}	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m						(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	5,5	0,547	0,109	1,527	0,310	4,767	1,810	0,00685	0,00685	0-1	6	0,547	0,109	1,527	0,310	5,087	1,810	0,00612	0,00612
1-2	6,5	0,547	0,109	1,527	0,930	5,126	2,430	0,00579	0,01264	1-2	7	0,547	0,109	1,527	0,930	5,423	2,430	0,00530	0,01142
2-3	7,5	0,547	0,109	1,527	1,550	5,445	3,050	0,00505	0,01769	2-3	8	0,547	0,109	1,527	1,550	5,715	3,050	0,00455	0,01597
3-4	8,5	0,547	0,109	1,527	2,170	5,758	3,670	0,00436	0,02205	3-4	9	0,547	0,109	1,527	2,170	6,010	3,670	0,00403	0,02000
4-5	9,5	0,547	0,109	1,527	2,790	6,088	4,290	0,00377	0,02582	4-5	10	0,547	0,109	1,527	2,790	6,320	4,290	0,00352	0,02352
5-6	10,5	0,519	0,104	1,435	3,432	6,460	4,932	0,00315	0,02897	5-6	11	0,519	0,104	1,435	3,432	6,674	4,932	0,00302	0,02654
6-7	11,5	0,519	0,104	1,435	4,095	6,875	5,595	0,00275	0,03172	6-7	12	0,519	0,104	1,435	4,095	7,073	5,595	0,00263	0,02916
7-8	12,5	0,519	0,104	1,435	4,759	7,336	6,259	0,00248	0,03421	7-8	13	0,519	0,104	1,435	4,759	7,523	6,259	0,00233	0,03149
8-9	13,5	0,532	0,106	1,418	5,435	7,818	6,935	0,00223	0,03643	8-9	14	0,532	0,106	1,418	5,435	7,994	6,935	0,00213	0,03363
9-10	14,5	0,532	0,106	1,418	6,124	8,322	7,624	0,00192	0,03836	9-10	15	0,532	0,106	1,418	6,124	8,484	7,624	0,00184	0,03547
10-11	15,5	0,532	0,106	1,418	6,814	8,864	8,314	0,00174	0,04010	10-11	16	0,532	0,106	1,418	6,814	9,022	8,314	0,00169	0,03717
11-12	16,5	0,419	0,084	1,263	8,249	10,186	9,749	0,00122	0,04132	11-12	17	0,419	0,084	1,263	8,249	10,330	9,749	0,00113	0,03830
12-13	17,5	0,419	0,084	1,263	8,977	10,799	10,477	0,00105	0,04237	12-13	18	0,419	0,084	1,263	8,977	10,939	10,477	0,00104	0,03934
13-14	18,5	0,419	0,084	1,263	9,704	11,402	11,204	0,00092	0,04329	13-14	19	0,419	0,084	1,263	9,704	11,524	11,204	0,00086	0,04019
14-15	19,5	0,419	0,084	1,263	10,432	12,039	11,932	0,00081	0,04410	14-15	20	0,419	0,084	1,263	10,432	12,154	11,932	0,00077	0,04096
15-16	20,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,689	12,659	0,00030	0,04440	15-16	21	0,419	0,084	1,263	11,159	12,801	12,659	0,00070	0,04167

Tabel 17. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 13		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	$\sigma'_{13'}$	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	6,4	0,547	0,109	1,527	0,310	5,393	1,810	0,00549	0,00549
1-2	7,4	0,547	0,109	1,527	0,930	5,707	2,430	0,00481	0,01030
2-3	8,4	0,547	0,109	1,527	1,550	5,973	3,050	0,00414	0,01445
3-4	9,4	0,547	0,109	1,527	2,170	6,258	3,670	0,00381	0,01826
4-5	10,4	0,547	0,109	1,527	2,790	6,536	4,290	0,00316	0,02142
5-6	11,4	0,519	0,104	1,435	3,432	6,879	4,932	0,00280	0,02422
6-7	12,4	0,519	0,104	1,435	4,095	7,262	5,595	0,00244	0,02666
7-8	13,4	0,519	0,104	1,435	4,759	7,703	6,259	0,00219	0,02884
8-9	14,4	0,532	0,106	1,418	5,435	8,160	6,935	0,00196	0,03080
9-10	15,4	0,532	0,106	1,418	6,124	8,642	7,624	0,00177	0,03257
10-11	16,4	0,532	0,106	1,418	6,814	9,175	8,314	0,00161	0,03418
11-12	17,4	0,419	0,084	1,263	8,249	10,474	9,749	0,00111	0,03530
12-13	18,4	0,419	0,084	1,263	8,977	11,079	10,477	0,00103	0,03632
13-14	19,4	0,419	0,084	1,263	9,704	11,648	11,204	0,00086	0,03719
14-15	20,4	0,419	0,084	1,263	10,432	12,271	11,932	0,00077	0,03796
15-16	21,4	0,419	0,084	1,263	11,159	12,914	12,659	0,00071	0,03867

Tabel 18. Hasil Perhitungan Perubahan Tegangan untuk $U < 100\%$ Akibat Penimbunan Bertahap 13 Minggu

Tegangan	Tegangan efektif															
	Hi (m)	z (m)	Po' t/m2	σ_1' t/m2	σ_2' t/m2	σ_3' t/m2	σ_4' t/m2	σ_5' t/m2	σ_6' t/m2	σ_7' t/m2	σ_8' t/m2	σ_9' t/m2	σ_{10}' t/m2	σ_{11}' t/m2	σ_{12}' t/m2	σ_{13}' t/m2
Kedalaman			H= 0m	H= 0,5m	H= 1m	H= 1,5m	H= 2m	H= 2,5m	H= 3m	H= 3,5m	H= 4m	H= 4,5m	H= 5m	H= 5,5m	H= 6m	H= 6,5m
1	1	0,5	0,310	0,760	1,210	1,656	2,092	2,520	2,934	3,330	3,707	4,076	4,432	4,767	5,087	5,393
2	1	1,5	0,930	1,371	1,812	2,241	2,655	3,052	3,430	3,801	4,158	4,496	4,820	5,126	5,423	5,707
3	1	2,5	1,550	1,982	2,396	2,796	3,174	3,543	3,899	4,238	4,562	4,868	5,161	5,445	5,715	5,973
4	1	3,5	2,170	2,575	2,953	3,322	3,679	4,017	4,341	4,647	4,942	5,227	5,497	5,758	6,010	6,258
5	1	4,5	2,790	3,159	3,519	3,861	4,185	4,491	4,787	5,071	5,341	5,597	5,849	6,088	6,320	6,536
6	1	5,5	3,432	3,774	4,098	4,404	4,701	4,986	5,256	5,513	5,765	6,012	6,244	6,460	6,674	6,879
7	1	6,5	4,095	4,401	4,698	4,983	5,253	5,519	5,771	6,009	6,243	6,459	6,673	6,875	7,073	7,262
8	1	7,5	4,759	5,047	5,317	5,578	5,830	6,073	6,303	6,519	6,733	6,935	7,142	7,336	7,523	7,703
9	1	8,5	5,435	5,696	5,948	6,191	6,425	6,641	6,853	7,057	7,255	7,449	7,638	7,818	7,994	8,160
10	1	9,5	6,124	6,358	6,592	6,812	7,024	7,226	7,426	7,616	7,800	7,980	8,156	8,322	8,484	8,642
11	1	10,5	6,814	7,030	7,246	7,453	7,651	7,845	8,038	8,205	8,371	8,542	8,704	8,864	9,022	9,175
12	1	11,5	8,249	8,447	8,654	8,843	9,032	9,212	9,389	9,554	9,716	9,875	10,033	10,186	10,330	10,474
13	1	12,5	8,977	9,166	9,355	9,535	9,711	9,882	10,044	10,206	10,365	10,514	10,658	10,799	10,939	11,079
14	1	13,5	9,704	9,875	10,046	10,217	10,379	10,538	10,691	10,844	10,988	11,132	11,272	11,402	11,524	11,648
15	1	14,5	10,432	10,597	10,759	10,918	11,076	11,224	11,368	11,512	11,652	11,793	11,919	12,039	12,154	12,271
16	1	15,5	11,159	11,321	11,480	11,633	11,777	11,917	12,057	12,198	12,324	12,450	12,572	12,689	12,801	12,914

Tabel 19. Hasil Perhitungan Perubahan Tegangan untuk $U < 100\%$ Akibat Penimbunan Bertahap 13 Minggu

Derajat Konsolidasi $U < 100\%$															
Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Delta P8'$	$\Delta P9'$	$\Delta P10'$	$\Delta P11'$	$\Delta P12'$	$\Delta P13'$	$\Sigma \sigma'$
	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2
Tinggi Timbunan	H= 0m	H= 0,5m	H= 1m	H= 1,5m	H= 2m	H= 2,5m	H= 3m	H= 3,5m	H= 4m	H= 4,5m	H= 5m	H= 5,5m	H= 6m	H= 6,5m	
Umur Timbunan	-	13 minggu	12 minggu	11 minggu	10 minggu	9 minggu	8 minggu	7 minggu	6 minggu	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu	
Kedalaman/ U	-	0,782486	0,755987	0,726232	0,69281	0,655261	0,613059	0,565606	0,512217	0,452101	0,384331	0,307791	0,221052	0,121957	
1	0,310	0,315	0,320	0,310	0,291	0,272	0,246	0,218	0,188	0,162	0,133	0,100	0,069	0,036	2,972
2	0,930	0,330	0,322	0,302	0,279	0,254	0,226	0,205	0,179	0,150	0,122	0,092	0,064	0,034	3,490
3	1,550	0,329	0,306	0,284	0,257	0,237	0,214	0,188	0,163	0,136	0,111	0,086	0,059	0,031	3,950
4	2,170	0,311	0,281	0,264	0,243	0,218	0,196	0,171	0,149	0,127	0,102	0,079	0,055	0,030	4,395
5	2,790	0,285	0,269	0,245	0,222	0,198	0,179	0,159	0,137	0,114	0,096	0,073	0,051	0,026	4,842
6	3,432	0,265	0,242	0,220	0,204	0,184	0,164	0,144	0,128	0,110	0,088	0,066	0,047	0,025	5,319
7	4,095	0,238	0,223	0,205	0,186	0,173	0,153	0,133	0,119	0,097	0,081	0,061	0,043	0,023	5,830
8	4,759	0,224	0,203	0,188	0,173	0,158	0,140	0,121	0,109	0,090	0,079	0,059	0,041	0,022	6,367
9	5,435	0,203	0,189	0,176	0,161	0,141	0,129	0,114	0,101	0,087	0,072	0,055	0,039	0,020	6,922
10	6,124	0,182	0,176	0,159	0,146	0,131	0,122	0,107	0,093	0,081	0,067	0,051	0,036	0,019	7,496
11	6,814	0,168	0,163	0,150	0,137	0,127	0,118	0,094	0,084	0,077	0,062	0,049	0,035	0,019	8,095
12	8,249	0,155	0,156	0,137	0,131	0,118	0,108	0,093	0,083	0,071	0,061	0,047	0,032	0,017	9,456
13	8,977	0,148	0,143	0,130	0,122	0,112	0,099	0,091	0,081	0,067	0,055	0,043	0,031	0,017	10,115
14	9,704	0,134	0,129	0,124	0,112	0,104	0,094	0,086	0,074	0,065	0,054	0,040	0,027	0,015	10,760
15	10,432	0,129	0,122	0,115	0,109	0,096	0,088	0,081	0,072	0,063	0,048	0,037	0,025	0,014	11,433
16	11,159	0,127	0,120	0,111	0,100	0,092	0,086	0,079	0,064	0,057	0,047	0,036	0,025	0,014	12,115

Tabel 20. Hasil Perhitungan Peningkatan Cu

Kedalaman	PI	Cu Lama	Cu Baru
(m)		t/m ²	t/m ²
0-1	31,730	3,389	1,149
1-2	31,730	3,389	1,221
2-3	31,730	3,389	1,285
3-4	31,730	3,389	1,347
4-5	31,730	3,389	1,409
5-6	33,940	4,624	1,456
6-7	33,940	4,624	1,526
7-8	33,940	4,624	1,598
8-9	28,790	3,725	1,731
9-10	28,790	3,725	1,813
10-11	28,790	3,725	1,899
11-12	30,295	6,687	2,072
12-13	30,295	6,687	2,165
13-14	30,295	6,687	2,256
14-15	30,295	6,687	2,351
15-16	30,295	6,687	2,447

H oprit = 4 m

Tabel 21. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap

Pemadatan ke 1				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m2)
0-1	0,5	5,500	=	11,000	=	0,250	0,500	0,450
1-2	1,5	5,500	=	3,667	=	0,245	0,490	0,441
2-3	2,5	5,500	=	2,200	=	0,240	0,480	0,432
3-4	3,5	5,500	=	1,571	=	0,225	0,450	0,405
4-5	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410	0,369
5-6	5,5	5,500	=	1,000	=	0,190	0,380	0,342
6-7	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
7-8	7,5	5,500	=	0,733	=	0,160	0,320	0,288
8-9	8,5	5,500	=	0,647	=	0,145	0,290	0,261
9-10	9,5	5,500	=	0,579	=	0,130	0,260	0,234
10-11	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
11-12	11,5	5,500	=	0,478	=	0,110	0,220	0,198
12-13	12,5	5,500	=	0,440	=	0,105	0,210	0,189
13-14	13,5	5,500	=	0,407	=	0,095	0,190	0,171
14-15	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166
15-16	15,5	5,500	=	0,355	=	0,090	0,180	0,162

Pemadatan ke 2				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m2)
0-1	1,0	5,500	=	5,500	=	0,250	0,500	0,450
1-2	2,0	5,500	=	2,750	=	0,245	0,490	0,441
2-3	3,0	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414
3-4	4,0	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378
4-5	5,0	5,500	=	1,100	=	0,200	0,400	0,360
5-6	6,0	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
6-7	7,0	5,500	=	0,786	=	0,165	0,330	0,297
7-8	8,0	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
8-9	9,0	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
9-10	10,0	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260	0,234
10-11	11,0	5,500	=	0,500	=	0,120	0,240	0,216
11-12	12,0	5,500	=	0,458	=	0,115	0,230	0,207
12-13	13,0	5,500	=	0,423	=	0,105	0,210	0,189
13-14	14,0	5,500	=	0,393	=	0,095	0,190	0,171
14-15	15,0	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
15-16	16,0	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158

Pemadatan ke 3				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m2)
0-1	1,5	5,500	=	3,67	=	0,248	0,496	0,446
1-2	2,5	5,500	=	2,20	=	0,238	0,476	0,428
2-3	3,5	5,500	=	1,57	=	0,222	0,444	0,400
3-4	4,5	5,500	=	1,22	=	0,205	0,41	0,369
4-5	5,5	5,500	=	1,00	=	0,19	0,38	0,342
5-6	6,5	5,500	=	0,85	=	0,17	0,34	0,306
6-7	7,5	5,500	=	0,73	=	0,158	0,316	0,284
7-8	8,5	5,500	=	0,65	=	0,145	0,29	0,261
8-9	9,5	5,500	=	0,58	=	0,135	0,27	0,243
9-10	10,5	5,500	=	0,52	=	0,122	0,244	0,220
10-11	11,5	5,500	=	0,48	=	0,115	0,23	0,207
11-12	12,5	5,500	=	0,44	=	0,105	0,21	0,189
12-13	13,5	5,500	=	0,41	=	0,1	0,2	0,180
13-14	14,5	5,500	=	0,38	=	0,095	0,19	0,171
14-15	15,5	5,500	=	0,35	=	0,088	0,176	0,158
15-16	16,5	5,500	=	0,33	=	0,085	0,17	0,153

Tabel 21. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 4				H timbunan = 0,500		m			
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I	$\Delta\sigma'$	
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)	
0-1	2,0	5,500	=	2,750	=	0,242	0,484	0,436	
1-2	3	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414	
2-3	4	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378	
3-4	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356	
4-5	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324	
5-6	7	5,500	=	0,786	=	0,165	0,330	0,297	
6-7	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270	
7-8	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252	
8-9	10	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260	0,234	
9-10	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212	
10-11	12	5,500	=	0,458	=	0,110	0,220	0,198	
11-12	13	5,500	=	0,423	=	0,105	0,210	0,189	
12-13	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176	
13-14	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162	
14-15	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158	
15-16	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144	

Pemadatan ke 5				H timbunan = 0,500		m			
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I	$\Delta\sigma'$	
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)	
0-1	2,5	5,500	=	2,200	=	0,238	0,476	0,428	
1-2	3,5	5,500	=	1,571	=	0,221	0,442	0,398	
2-3	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410	0,369	
3-4	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376	0,338	
4-5	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306	
5-6	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284	
6-7	8,5	5,500	=	0,647	=	0,148	0,296	0,266	
7-8	9,5	5,500	=	0,579	=	0,135	0,270	0,243	
8-9	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216	
9-10	11,5	5,500	=	0,478	=	0,112	0,224	0,202	
10-11	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216	0,194	
11-12	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180	
12-13	14,5	5,500	=	0,379	=	0,095	0,190	0,171	
13-14	15,5	5,500	=	0,355	=	0,088	0,176	0,158	
14-15	16,5	5,500	=	0,333	=	0,082	0,164	0,148	
15-16	17,5	5,500	=	0,314	=	0,078	0,156	0,140	

Pemadatan ke 6				H timbunan = 0,500		m			
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2I	$\Delta\sigma'$	
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)	
0-1	3	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414	
1-2	4	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378	
2-3	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356	
3-4	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324	
4-5	7	5,500	=	0,786	=	0,164	0,328	0,295	
5-6	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270	
6-7	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252	
7-8	10	5,500	=	0,550	=	0,128	0,256	0,230	
8-9	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212	
9-10	12	5,500	=	0,458	=	0,111	0,222	0,200	
10-11	13	5,500	=	0,423	=	0,107	0,214	0,193	
11-12	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176	
12-13	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162	
13-14	16	5,500	=	0,344	=	0,085	0,170	0,153	
14-15	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144	
15-16	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140	

Tabel 21. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 7				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	3,5	5,500	=	1,571	=	0,220	0,440	0,396
1-2	4,5	5,500	=	1,222	=	0,206	0,412	0,371
2-3	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376	0,338
3-4	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
4-5	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
5-6	8,5	5,500	=	0,647	=	0,143	0,286	0,257
6-7	9,5	5,500	=	0,579	=	0,132	0,264	0,238
7-8	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
8-9	11,5	5,500	=	0,478	=	0,113	0,226	0,203
9-10	12,5	5,500	=	0,440	=	0,106	0,212	0,191
10-11	13,5	5,500	=	0,407	=	0,093	0,186	0,167
11-12	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166
12-13	15,5	5,500	=	0,355	=	0,090	0,180	0,162
13-14	16,5	5,500	=	0,333	=	0,085	0,170	0,153
14-15	17,5	5,500	=	0,314	=	0,080	0,160	0,144
15-16	18,5	5,500	=	0,297	=	0,078	0,156	0,140

Pemadatan ke 8				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	4,0	5,500	=	1,375	=	0,209	0,418	0,376
1-2	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
2-3	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
3-4	7	5,500	=	0,786	=	0,164	0,328	0,295
4-5	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
5-6	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
6-7	10	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260	0,234
7-8	11	5,500	=	0,500	=	0,119	0,238	0,214
8-9	12	5,500	=	0,458	=	0,110	0,220	0,198
9-10	13	5,500	=	0,423	=	0,102	0,204	0,184
10-11	14	5,500	=	0,393	=	0,092	0,184	0,166
11-12	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
12-13	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
13-14	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
14-15	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140
15-16	19	5,500	=	0,289	=	0,070	0,140	0,126

Pemadatan ke 9				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410	0,369
1-2	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376	0,338
2-3	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
3-4	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
4-5	8,5	5,500	=	0,647	=	0,142	0,284	0,256
5-6	9,5	5,500	=	0,579	=	0,137	0,274	0,247
6-7	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
7-8	11,5	5,500	=	0,478	=	0,112	0,224	0,202
8-9	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216	0,194
9-10	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180
10-11	14,5	5,500	=	0,379	=	0,095	0,190	0,171
11-12	15,5	5,500	=	0,355	=	0,088	0,176	0,158
12-13	16,5	5,500	=	0,333	=	0,083	0,166	0,149
13-14	17,5	5,500	=	0,314	=	0,080	0,160	0,144
14-15	18,5	5,500	=	0,297	=	0,078	0,156	0,140
15-16	19,5	5,500	=	0,282	=	0,070	0,140	0,126

Tabel 21. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 10				H timbunan = 0,600		m	
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m				
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I
(m)	(m)	(m)	(m)				(t/m ²)
0-1	5,1	5,500	=	1,078	=	0,198	0,396
1-2	6,1	5,500	=	0,902	=	0,180	0,360
2-3	7,1	5,500	=	0,775	=	0,163	0,326
3-4	8,1	5,500	=	0,679	=	0,150	0,300
4-5	9,1	5,500	=	0,604	=	0,140	0,280
5-6	10,1	5,500	=	0,545	=	0,129	0,258
6-7	11,1	5,500	=	0,495	=	0,119	0,238
7-8	12,1	5,500	=	0,455	=	0,115	0,230
8-9	13,1	5,500	=	0,420	=	0,105	0,210
9-10	14,1	5,500	=	0,390	=	0,098	0,196
10-11	15,1	5,500	=	0,364	=	0,090	0,180
11-12	16,1	5,500	=	0,342	=	0,088	0,176
12-13	17,1	5,500	=	0,322	=	0,080	0,160
13-14	18,1	5,500	=	0,304	=	0,078	0,156
14-15	19,1	5,500	=	0,288	=	0,070	0,140
15-16	20,1	5,500	=	0,274	=	0,068	0,136

Tabel 22. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap

Pemadatan 1		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_1	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m
0-1	0,5	0,547	0,109	1,527	0,310	0,760	1,810	0,01687	0,01687
1-2	1,5	0,547	0,109	1,527	0,930	1,371	2,430	0,00730	0,02417
2-3	2,5	0,547	0,109	1,527	1,550	1,982	3,050	0,00462	0,02879
3-4	3,5	0,547	0,109	1,527	2,170	2,575	3,670	0,00322	0,03201
4-5	4,5	0,547	0,109	1,527	2,790	3,159	4,290	0,00234	0,03435
5-6	5,5	0,519	0,104	1,435	3,432	3,774	4,932	0,00176	0,03611
6-7	6,5	0,519	0,104	1,435	4,095	4,401	5,595	0,00133	0,03744
7-8	7,5	0,519	0,104	1,435	4,759	5,047	6,259	0,00109	0,03853
8-9	8,5	0,532	0,106	1,418	5,435	5,696	6,935	0,00090	0,03942
9-10	9,5	0,532	0,106	1,418	6,124	6,358	7,624	0,00072	0,04014
10-11	10,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,030	8,314	0,00060	0,04074
11-12	11,5	0,419	0,084	1,263	8,249	8,447	9,749	0,00038	0,04112
12-13	12,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,166	10,477	0,00034	0,04146
13-14	13,5	0,419	0,084	1,263	9,704	9,875	11,204	0,00028	0,04174
14-15	14,5	0,419	0,084	1,263	10,432	10,597	11,932	0,00025	0,04199
15-16	15,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,321	12,659	0,00023	0,04222

Pemadatan 2		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_1	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m
0-1	1,0	0,547	0,109	1,527	0,310	1,210	1,810	0,00875	0,00875
1-2	2,0	0,547	0,109	1,527	0,930	1,812	2,430	0,00525	0,01400
2-3	3,0	0,547	0,109	1,527	1,550	2,396	3,050	0,00357	0,01756
3-4	4,0	0,547	0,109	1,527	2,170	2,953	3,670	0,00258	0,02014
4-5	5,0	0,547	0,109	1,527	2,790	3,519	4,290	0,00203	0,02217
5-6	6,0	0,519	0,104	1,435	3,432	4,098	4,932	0,00152	0,02369
6-7	7,0	0,519	0,104	1,435	4,095	4,698	5,595	0,00121	0,02490
7-8	8,0	0,519	0,104	1,435	4,759	5,317	6,259	0,00096	0,02587
8-9	9,0	0,532	0,106	1,418	5,435	5,948	6,935	0,00083	0,02669
9-10	10,0	0,532	0,106	1,418	6,124	6,592	7,624	0,00069	0,02739
10-11	11,0	0,532	0,106	1,418	6,814	7,246	8,314	0,00058	0,02796
11-12	12,0	0,419	0,084	1,263	8,249	8,654	9,749	0,00039	0,02835
12-13	13,0	0,419	0,084	1,263	8,977	9,355	10,477	0,00033	0,02868
13-14	14,0	0,419	0,084	1,263	9,704	10,046	11,204	0,00028	0,02896
14-15	15,0	0,419	0,084	1,263	10,432	10,759	11,932	0,00024	0,02920
15-16	16,0	0,419	0,084	1,263	11,159	11,480	12,659	0,00022	0,02943

Tabel 22. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 3		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_3	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	1,5	0,547	0,109	1,527	0,310	1,656	1,810	0,00591	0,00591
1-2	2,5	0,547	0,109	1,527	0,930	2,241	2,430	0,00399	0,00990
2-3	3,5	0,547	0,109	1,527	1,550	2,796	3,050	0,00290	0,01280
3-4	4,5	0,547	0,109	1,527	2,170	3,322	3,670	0,00221	0,01502
4-5	5,5	0,547	0,109	1,527	2,790	3,861	4,290	0,00174	0,01676
5-6	6,5	0,519	0,104	1,435	3,432	4,404	4,932	0,00133	0,01809
6-7	7,5	0,519	0,104	1,435	4,095	4,983	5,595	0,00109	0,01918
7-8	8,5	0,519	0,104	1,435	4,759	5,578	6,259	0,00089	0,02007
8-9	9,5	0,532	0,106	1,418	5,435	6,191	6,935	0,00077	0,02083
9-10	10,5	0,532	0,106	1,418	6,124	6,812	7,624	0,00063	0,02146
10-11	11,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,453	8,314	0,00054	0,02200
11-12	12,5	0,419	0,084	1,263	8,249	8,843	9,749	0,00035	0,02235
12-13	13,5	0,419	0,084	1,263	9,777	9,535	10,477	0,00031	0,02265
13-14	14,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,217	11,204	0,00027	0,02292
14-15	15,5	0,419	0,084	1,263	10,432	10,918	11,932	0,00024	0,02316
15-16	16,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,633	12,659	0,00021	0,02337

Pemadatan 4		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_4	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	2	0,547	0,109	1,527	0,310	2,092	1,810	0,01529	0,01529
1-2	3	0,547	0,109	1,527	0,930	2,655	2,430	0,00984	0,02512
2-3	4	0,547	0,109	1,527	1,550	3,174	3,050	0,00537	0,03050
3-4	5	0,547	0,109	1,527	2,170	3,679	3,670	0,00209	0,03259
4-5	6	0,547	0,109	1,527	2,790	4,185	4,290	0,00152	0,03410
5-6	7	0,519	0,104	1,435	3,432	4,701	4,932	0,00121	0,03531
6-7	8	0,519	0,104	1,435	4,095	5,253	5,595	0,00098	0,03629
7-8	9	0,519	0,104	1,435	4,759	5,830	6,259	0,00082	0,03711
8-9	10	0,532	0,106	1,418	5,435	6,425	6,935	0,00071	0,03781
9-10	11	0,532	0,106	1,418	6,124	7,024	7,624	0,00059	0,03840
10-11	12	0,532	0,106	1,418	6,814	7,651	8,314	0,00050	0,03890
11-12	13	0,419	0,084	1,263	8,249	9,032	9,749	0,00034	0,03924
12-13	14	0,419	0,084	1,263	8,977	9,711	10,477	0,00030	0,03954
13-14	15	0,419	0,084	1,263	9,704	10,379	11,204	0,00025	0,03979
14-15	16	0,419	0,084	1,263	10,432	11,076	11,932	0,00023	0,04002
15-16	17	0,419	0,084	1,263	11,159	11,777	12,659	0,00020	0,04022

Tabel 22. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 5		H timb	0,5	m							Pemadatan 6		H timb	0,5	m						
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'o	σ's	σ'c	Sc	ΣSc		Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'o	σ'6	σ'c	Sc	ΣSc	
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m							(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m	
0-1	2,5	0,547	0,109	1,527	0,310	2,520	1,810	0,01752	0,01752		0-1	3	0,547	0,109	1,527	0,310	2,934	1,810	0,01431	0,01431	
1-2	3,5	0,547	0,109	1,527	0,930	3,052	2,430	0,01314	0,03066		1-2	4	0,547	0,109	1,527	0,930	3,430	2,430	0,01098	0,02529	
2-3	4,5	0,547	0,109	1,527	1,550	3,543	3,050	0,01035	0,04101		2-3	5	0,547	0,109	1,527	1,550	3,899	3,050	0,00902	0,03431	
3-4	5,5	0,547	0,109	1,527	2,170	4,017	3,670	0,00828	0,04928		3-4	6	0,547	0,109	1,527	2,170	4,341	3,670	0,00730	0,04160	
4-5	6,5	0,547	0,109	1,527	2,790	4,491	4,290	0,00477	0,05406		4-5	7	0,547	0,109	1,527	2,790	4,787	4,290	0,00599	0,04759	
5-6	7,5	0,519	0,104	1,435	3,432	4,986	4,932	0,00188	0,05594		5-6	8	0,519	0,104	1,435	3,432	5,256	4,932	0,00488	0,05247	
6-7	8,5	0,519	0,104	1,435	4,095	5,519	5,595	0,00092	0,05685		6-7	9	0,519	0,104	1,435	4,095	5,771	5,595	0,00311	0,05558	
7-8	9,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,073	6,259	0,00076	0,05761		7-8	10	0,519	0,104	1,435	4,759	6,303	6,259	0,00121	0,05679	
8-9	10,5	0,532	0,106	1,418	5,435	6,641	6,935	0,00063	0,05824		8-9	11	0,532	0,106	1,418	5,435	6,853	6,935	0,00060	0,05740	
9-10	11,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,226	7,624	0,00054	0,05878		9-10	12	0,532	0,106	1,418	6,124	7,426	7,624	0,00052	0,05792	
10-11	12,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,845	8,314	0,00048	0,05926		10-11	13	0,532	0,106	1,418	6,814	8,038	8,314	0,00046	0,05838	
11-12	13,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,212	9,749	0,00032	0,05958		11-12	14	0,419	0,084	1,263	8,249	9,389	9,749	0,00031	0,05869	
12-13	14,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,882	10,477	0,00028	0,05986		12-13	15	0,419	0,084	1,263	8,977	10,044	10,477	0,00026	0,05895	
13-14	15,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,538	11,204	0,00024	0,06011		13-14	16	0,419	0,084	1,263	9,704	10,691	11,204	0,00023	0,05918	
14-15	16,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,224	11,932	0,00021	0,06032		14-15	17	0,419	0,084	1,263	10,432	11,368	11,932	0,00021	0,05939	
15-16	17,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,917	12,659	0,00019	0,06051		15-16	18	0,419	0,084	1,263	11,159	12,057	12,659	0,00019	0,05957	

Tabel 22. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 7		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_7	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	3,5	0,547	0,109	1,527	0,310	3,330	1,810	0,01191	0,01191
1-2	4,5	0,547	0,109	1,527	0,930	3,801	2,430	0,00966	0,02156
2-3	5,5	0,547	0,109	1,527	1,550	4,238	3,050	0,00783	0,02939
3-4	6,5	0,547	0,109	1,527	2,170	4,647	3,670	0,00641	0,03580
4-5	7,5	0,547	0,109	1,527	2,790	5,071	4,290	0,00543	0,04123
5-6	8,5	0,519	0,104	1,435	3,432	5,513	4,932	0,00442	0,04565
6-7	9,5	0,519	0,104	1,435	4,095	6,009	5,595	0,00373	0,04938
7-8	10,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,519	6,259	0,00312	0,05250
8-9	11,5	0,532	0,106	1,418	5,435	7,057	6,935	0,00189	0,05439
9-10	12,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,616	7,624	0,00049	0,05487
10-11	13,5	0,532	0,106	1,418	6,814	8,205	8,314	0,00039	0,05527
11-12	14,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,554	9,749	0,00028	0,05555
12-13	15,5	0,419	0,084	1,263	8,977	10,206	10,477	0,00026	0,05581
13-14	16,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,844	11,204	0,00023	0,05604
14-15	17,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,512	11,932	0,00020	0,05624
15-16	18,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,198	12,659	0,00019	0,05643

Pemadatan 8		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_8	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	4	0,547	0,109	1,527	0,310	3,707	1,810	0,01007	0,01007
1-2	5	0,547	0,109	1,527	0,930	4,158	2,430	0,00843	0,01850
2-3	6	0,547	0,109	1,527	1,550	4,562	3,050	0,00693	0,02543
3-4	7	0,547	0,109	1,527	2,170	4,942	3,670	0,00579	0,03122
4-5	8	0,547	0,109	1,527	2,790	5,341	4,290	0,00488	0,03610
5-6	9	0,519	0,104	1,435	3,432	5,765	4,932	0,00413	0,04023
6-7	10	0,519	0,104	1,435	4,095	6,243	5,595	0,00353	0,04377
7-8	11	0,519	0,104	1,435	4,759	6,733	6,259	0,00299	0,04676
8-9	12	0,532	0,106	1,418	5,435	7,255	6,935	0,00265	0,04940
9-10	13	0,532	0,106	1,418	6,124	7,800	7,624	0,00220	0,05160
10-11	14	0,532	0,106	1,418	6,814	8,371	8,314	0,00091	0,05251
11-12	15	0,419	0,084	1,263	8,249	9,716	9,749	0,00027	0,05278
12-13	16	0,419	0,084	1,263	8,977	10,365	10,477	0,00025	0,05303
13-14	17	0,419	0,084	1,263	9,704	10,988	11,204	0,00021	0,05324
14-15	18	0,419	0,084	1,263	10,432	11,652	11,932	0,00020	0,05344
15-16	19	0,419	0,084	1,263	11,159	12,324	12,659	0,00017	0,05360

Tabel 22. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 9		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_o	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	4,5	0,547	0,109	1,527	0,310	4,076	1,810	0,00893	0,00893
1-2	5,5	0,547	0,109	1,527	0,930	4,496	2,430	0,00736	0,01629
2-3	6,5	0,547	0,109	1,527	1,550	4,868	3,050	0,00611	0,02240
3-4	7,5	0,547	0,109	1,527	2,170	5,227	3,670	0,00526	0,02766
4-5	8,5	0,547	0,109	1,527	2,790	5,597	4,290	0,00440	0,03206
5-6	9,5	0,519	0,104	1,435	3,432	6,012	4,932	0,00387	0,03593
6-7	10,5	0,519	0,104	1,435	4,095	6,459	5,595	0,00315	0,03908
7-8	11,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,935	6,259	0,00273	0,04180
8-9	12,5	0,532	0,106	1,418	5,435	7,449	6,935	0,00253	0,04433
9-10	13,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,980	7,624	0,00218	0,04651
10-11	14,5	0,532	0,106	1,418	6,814	8,542	8,314	0,00193	0,04845
11-12	15,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,875	9,749	0,00108	0,04953
12-13	16,5	0,419	0,084	1,263	8,977	10,514	10,477	0,00046	0,04999
13-14	17,5	0,419	0,084	1,263	9,704	11,132	11,204	0,00021	0,05020
14-15	18,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,793	11,932	0,00019	0,05039
15-16	19,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,450	12,659	0,00016	0,05056

Pemadatan 10		H timb	0,6	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_{10}	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	5,1	0,547	0,109	1,527	0,310	4,432	1,810	0,00789	0,00789
1-2	6,1	0,547	0,109	1,527	0,930	4,820	2,430	0,00655	0,01443
2-3	7,1	0,547	0,109	1,527	1,550	5,161	3,050	0,00551	0,01994
3-4	8,1	0,547	0,109	1,527	2,170	5,497	3,670	0,00474	0,02468
4-5	9,1	0,547	0,109	1,527	2,790	5,849	4,290	0,00414	0,02882
5-6	10,1	0,519	0,104	1,435	3,432	6,244	4,932	0,00350	0,03232
6-7	11,1	0,519	0,104	1,435	4,095	6,673	5,595	0,00302	0,03534
7-8	12,1	0,519	0,104	1,435	4,759	7,142	6,259	0,00272	0,03806
8-9	13,1	0,532	0,106	1,418	5,435	7,638	6,935	0,00240	0,04046
9-10	14,1	0,532	0,106	1,418	6,124	8,156	7,624	0,00209	0,04255
10-11	15,1	0,532	0,106	1,418	6,814	8,704	8,314	0,00180	0,04435
11-12	16,1	0,419	0,084	1,263	8,249	10,033	9,749	0,00128	0,04563
12-13	17,1	0,419	0,084	1,263	8,977	10,658	10,477	0,00109	0,04672
13-14	18,1	0,419	0,084	1,263	9,704	11,272	11,204	0,00059	0,04731
14-15	19,1	0,419	0,084	1,263	10,432	11,919	11,932	0,00010	0,04741
15-16	20,1	0,419	0,084	1,263	11,159	12,572	12,659	0,00016	0,04757

Tabel 23. Hasil Perhitungan Perubahan Tegangan untuk $U < 100\%$ Akibat Penimbunan Bertahap 10 Minggu

Tegangan efektif													
Tegangan	Hi	z	Po'	σ_1'	σ_2'	σ_3'	σ_4'	σ_5'	σ_6'	σ_7'	σ_8'	σ_9'	σ_{10}'
	(m)	(m)	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2
Kedalaman			H= 0m	H= 0,5m	H= 1m	H= 1,5m	H= 2m	H= 2,5m	H= 3m	H= 3,5m	H= 4m	H= 4,5m	H= 5m
1	1	0,5	0,310	0,760	1,210	1,656	2,092	2,520	2,934	3,330	3,707	4,076	4,432
2	1	1,5	0,930	1,371	1,812	2,241	2,655	3,052	3,430	3,801	4,158	4,496	4,820
3	1	2,5	1,550	1,982	2,396	2,796	3,174	3,543	3,899	4,238	4,562	4,868	5,161
4	1	3,5	2,170	2,575	2,953	3,322	3,679	4,017	4,341	4,647	4,942	5,227	5,497
5	1	4,5	2,790	3,159	3,519	3,861	4,185	4,491	4,787	5,071	5,341	5,597	5,849
6	1	5,5	3,432	3,774	4,098	4,404	4,701	4,986	5,256	5,513	5,765	6,012	6,244
7	1	6,5	4,095	4,401	4,698	4,983	5,253	5,519	5,771	6,009	6,243	6,459	6,673
8	1	7,5	4,759	5,047	5,317	5,578	5,830	6,073	6,303	6,519	6,733	6,935	7,142
9	1	8,5	5,435	5,696	5,948	6,191	6,425	6,641	6,853	7,057	7,255	7,449	7,638
10	1	9,5	6,124	6,358	6,592	6,812	7,024	7,226	7,426	7,616	7,800	7,980	8,156
11	1	10,5	6,814	7,030	7,246	7,453	7,651	7,845	8,038	8,205	8,371	8,542	8,704
12	1	11,5	7,504	7,704	7,904	8,104	8,304	8,504	8,704	8,904	9,104	9,304	9,504
13	1	12,5	8,194	8,394	8,594	8,794	8,994	9,194	9,394	9,594	9,794	9,994	10,194
14	1	13,5	8,884	9,084	9,284	9,484	9,684	9,884	10,084	10,284	10,484	10,684	10,884
15	1	14,5	9,574	9,774	9,974	10,174	10,374	10,574	10,774	10,974	11,174	11,374	11,574
16	1	15,5	10,264	10,464	10,664	10,864	11,064	11,264	11,464	11,664	11,864	12,064	12,264

Tabel 24. Hasil Perhitungan Perubahan Tegangan untuk $U < 100\%$ Akibat Penimbunan Bertahap 10 Minggu

Derajat Konsolidasi $U < 100\%$												
Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Delta P8'$	$\Delta P9'$	$\Delta P10'$	$\Sigma \sigma'$
	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2
Tinggi Timbunan	H= 0m	H= 0,5m	H= 1m	H= 1,5m	H= 2m	H= 2,5m	H= 3m	H= 3,5m	H= 4m	H= 4,5m	H= 5m	
Umur Timbunan	-	10 minggu	9 minggu	8 minggu	7 minggu	6 minggu	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu	
Kedalaman/ U	-	0,69281	0,655261	0,613059	0,565606	0,512217	0,452101	0,384331	0,307791	0,221052	0,121957	
1	0,310	0,267	0,271	0,257	0,234	0,209	0,179	0,146	0,112	0,079	0,042	2,106
2	0,930	0,287	0,275	0,252	0,226	0,197	0,165	0,138	0,106	0,073	0,038	2,687
3	1,550	0,288	0,262	0,238	0,208	0,184	0,157	0,127	0,097	0,066	0,035	3,212
4	2,170	0,273	0,242	0,221	0,197	0,170	0,143	0,115	0,089	0,062	0,032	3,714
5	2,790	0,251	0,231	0,206	0,180	0,154	0,131	0,107	0,082	0,055	0,030	4,218
6	3,432	0,233	0,209	0,185	0,166	0,144	0,120	0,097	0,076	0,054	0,028	4,745
7	4,095	0,210	0,192	0,172	0,151	0,135	0,113	0,090	0,071	0,047	0,026	5,302
8	4,759	0,198	0,175	0,159	0,141	0,123	0,103	0,082	0,065	0,044	0,025	5,874
9	5,435	0,180	0,164	0,148	0,131	0,110	0,095	0,077	0,060	0,043	0,023	6,465
10	6,124	0,161	0,152	0,134	0,119	0,103	0,090	0,073	0,056	0,039	0,021	7,073
11	6,814	0,149	0,141	0,126	0,111	0,099	0,086	0,064	0,051	0,038	0,020	7,698
12	8,249	0,137	0,135	0,115	0,106	0,092	0,079	0,063	0,050	0,035	0,019	9,081
13	8,977	0,131	0,123	0,110	0,099	0,087	0,073	0,062	0,048	0,033	0,017	9,761
14	9,704	0,118	0,112	0,104	0,091	0,081	0,069	0,059	0,044	0,032	0,017	10,431
15	10,432	0,114	0,106	0,097	0,089	0,075	0,065	0,055	0,043	0,031	0,015	11,123
16	11,159	0,112	0,104	0,094	0,081	0,072	0,063	0,054	0,039	0,028	0,015	11,820

Tabel 25. Hasil Perhitungan Peningkatan Cu

Kedalaman	PI	Cu Lama	Cu Baru
(m)		t/m2	t/m2
0-1	31,730	3,389	1,029
1-2	31,730	3,389	1,110
2-3	31,730	3,389	1,183
3-4	31,730	3,389	1,253
4-5	31,730	3,389	1,323
5-6	33,940	4,624	1,379
6-7	33,940	4,624	1,454
7-8	33,940	4,624	1,531
8-9	28,790	3,725	1,665
9-10	28,790	3,725	1,752
10-11	28,790	3,725	1,842
11-12	30,295	6,687	2,019
12-13	30,295	6,687	2,115
13-14	30,295	6,687	2,209
14-15	30,295	6,687	2,307
15-16	30,295	6,687	2,405

H oprit = 3 m

Tabel 26. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap

Pemadatan ke 1				H timbunan = 0,500 m				
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	0,5	5,500	=	11,000	=	0,250	0,500	0,450
1-2	1,5	5,500	=	3,667	=	0,245	0,490	0,441
2-3	2,5	5,500	=	2,200	=	0,240	0,480	0,432
3-4	3,5	5,500	=	1,571	=	0,225	0,450	0,405
4-5	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410	0,369
5-6	5,5	5,500	=	1,000	=	0,190	0,380	0,342
6-7	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
7-8	7,5	5,500	=	0,733	=	0,160	0,320	0,288
8-9	8,5	5,500	=	0,647	=	0,145	0,290	0,261
9-10	9,5	5,500	=	0,579	=	0,130	0,260	0,234
10-11	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
11-12	11,5	5,500	=	0,478	=	0,110	0,220	0,198
12-13	12,5	5,500	=	0,440	=	0,105	0,210	0,189
13-14	13,5	5,500	=	0,407	=	0,095	0,190	0,171
14-15	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166
15-16	15,5	5,500	=	0,355	=	0,090	0,180	0,162

Pemadatan ke 2				H timbunan = 0,500 m				
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	1,0	5,500	=	5,500	=	0,250	0,500	0,450
1-2	2,0	5,500	=	2,750	=	0,245	0,490	0,441
2-3	3,0	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414
3-4	4,0	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378
4-5	5,0	5,500	=	1,100	=	0,200	0,400	0,360
5-6	6,0	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
6-7	7,0	5,500	=	0,786	=	0,165	0,330	0,297
7-8	8,0	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
8-9	9,0	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
9-10	10,0	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260	0,234
10-11	11,0	5,500	=	0,500	=	0,120	0,240	0,216
11-12	12,0	5,500	=	0,458	=	0,115	0,230	0,207
12-13	13,0	5,500	=	0,423	=	0,105	0,210	0,189
13-14	14,0	5,500	=	0,393	=	0,095	0,190	0,171
14-15	15,0	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
15-16	16,0	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158

Pemadatan ke 3				H timbunan = 0,500 m				
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	1,5	5,500	=	3,67	=	0,248	0,496	0,446
1-2	2,5	5,500	=	2,20	=	0,238	0,476	0,428
2-3	3,5	5,500	=	1,57	=	0,222	0,444	0,400
3-4	4,5	5,500	=	1,22	=	0,205	0,41	0,369
4-5	5,5	5,500	=	1,00	=	0,19	0,38	0,342
5-6	6,5	5,500	=	0,85	=	0,17	0,34	0,306
6-7	7,5	5,500	=	0,73	=	0,158	0,316	0,284
7-8	8,5	5,500	=	0,65	=	0,145	0,29	0,261
8-9	9,5	5,500	=	0,58	=	0,135	0,27	0,243
9-10	10,5	5,500	=	0,52	=	0,122	0,244	0,220
10-11	11,5	5,500	=	0,48	=	0,115	0,23	0,207
11-12	12,5	5,500	=	0,44	=	0,105	0,21	0,189
12-13	13,5	5,500	=	0,41	=	0,1	0,2	0,180
13-14	14,5	5,500	=	0,38	=	0,095	0,19	0,171
14-15	15,5	5,500	=	0,35	=	0,088	0,176	0,158
15-16	16,5	5,500	=	0,33	=	0,085	0,17	0,153

Tabel 26. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 4				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	2,0	5,500	=	2,750	=	0,242	0,484	0,436
1-2	3	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414
2-3	4	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378
3-4	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
4-5	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
5-6	7	5,500	=	0,786	=	0,165	0,330	0,297
6-7	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
7-8	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
8-9	10	5,500	=	0,550	=	0,130	0,260	0,234
9-10	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212
10-11	12	5,500	=	0,458	=	0,110	0,220	0,198
11-12	13	5,500	=	0,423	=	0,105	0,210	0,189
12-13	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
13-14	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
14-15	16	5,500	=	0,344	=	0,088	0,176	0,158
15-16	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144

Pemadatan ke 5				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	2,5	5,500	=	2,200	=	0,238	0,476	0,428
1-2	3,5	5,500	=	1,571	=	0,221	0,442	0,398
2-3	4,5	5,500	=	1,222	=	0,205	0,410	0,369
3-4	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376	0,338
4-5	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
5-6	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
6-7	8,5	5,500	=	0,647	=	0,148	0,296	0,266
7-8	9,5	5,500	=	0,579	=	0,135	0,270	0,243
8-9	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
9-10	11,5	5,500	=	0,478	=	0,112	0,224	0,202
10-11	12,5	5,500	=	0,440	=	0,108	0,216	0,194
11-12	13,5	5,500	=	0,407	=	0,100	0,200	0,180
12-13	14,5	5,500	=	0,379	=	0,095	0,190	0,171
13-14	15,5	5,500	=	0,355	=	0,088	0,176	0,158
14-15	16,5	5,500	=	0,333	=	0,082	0,164	0,148
15-16	17,5	5,500	=	0,314	=	0,078	0,156	0,140

Pemadatan ke 6				H timbunan = 0,500		m		
akibat timbunan	Q =	0,9	t/m					
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	3	5,500	=	1,833	=	0,230	0,460	0,414
1-2	4	5,500	=	1,375	=	0,210	0,420	0,378
2-3	5	5,500	=	1,100	=	0,198	0,396	0,356
3-4	6	5,500	=	0,917	=	0,180	0,360	0,324
4-5	7	5,500	=	0,786	=	0,164	0,328	0,295
5-6	8	5,500	=	0,688	=	0,150	0,300	0,270
6-7	9	5,500	=	0,611	=	0,140	0,280	0,252
7-8	10	5,500	=	0,550	=	0,128	0,256	0,230
8-9	11	5,500	=	0,500	=	0,118	0,236	0,212
9-10	12	5,500	=	0,458	=	0,111	0,222	0,200
10-11	13	5,500	=	0,423	=	0,107	0,214	0,193
11-12	14	5,500	=	0,393	=	0,098	0,196	0,176
12-13	15	5,500	=	0,367	=	0,090	0,180	0,162
13-14	16	5,500	=	0,344	=	0,085	0,170	0,153
14-15	17	5,500	=	0,324	=	0,080	0,160	0,144
15-16	18	5,500	=	0,306	=	0,078	0,156	0,140

Tabel 26. Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan ke 7				H timbunan =		0,500	m	
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m				
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	3,5	5,500	=	1,571	=	0,220	0,440	0,396
1-2	4,5	5,500	=	1,222	=	0,206	0,412	0,371
2-3	5,5	5,500	=	1,000	=	0,188	0,376	0,338
3-4	6,5	5,500	=	0,846	=	0,170	0,340	0,306
4-5	7,5	5,500	=	0,733	=	0,158	0,316	0,284
5-6	8,5	5,500	=	0,647	=	0,143	0,286	0,257
6-7	9,5	5,500	=	0,579	=	0,132	0,264	0,238
7-8	10,5	5,500	=	0,524	=	0,120	0,240	0,216
8-9	11,5	5,500	=	0,478	=	0,113	0,226	0,203
9-10	12,5	5,500	=	0,440	=	0,106	0,212	0,191
10-11	13,5	5,500	=	0,407	=	0,093	0,186	0,167
11-12	14,5	5,500	=	0,379	=	0,092	0,184	0,166
12-13	15,5	5,500	=	0,355	=	0,090	0,180	0,162
13-14	16,5	5,500	=	0,333	=	0,085	0,170	0,153
14-15	17,5	5,500	=	0,314	=	0,080	0,160	0,144
15-16	18,5	5,500	=	0,297	=	0,078	0,156	0,140

Pemadatan ke 8				H timbunan =		0,400	m	
akibat timbunan		Q =	0,9	t/m				
kedalaman	z	x	y	x/z	y/z	I	2 I	$\Delta\sigma'$
(m)	(m)	(m)	(m)					(t/m ²)
0-1	3,9	5,500	=	1,410	=	0,209	0,418	0,376
1-2	4,9	5,500	=	1,122	=	0,198	0,396	0,356
2-3	5,9	5,500	=	0,932	=	0,180	0,360	0,324
3-4	6,9	5,500	=	0,797	=	0,164	0,328	0,295
4-5	7,9	5,500	=	0,696	=	0,150	0,300	0,270
5-6	8,9	5,500	=	0,618	=	0,140	0,280	0,252
6-7	9,9	5,500	=	0,556	=	0,130	0,260	0,234
7-8	10,9	5,500	=	0,505	=	0,119	0,238	0,214
8-9	11,9	5,500	=	0,462	=	0,110	0,220	0,198
9-10	12,9	5,500	=	0,426	=	0,102	0,204	0,184
10-11	13,9	5,500	=	0,396	=	0,092	0,184	0,166
11-12	14,9	5,500	=	0,369	=	0,090	0,180	0,162
12-13	15,9	5,500	=	0,346	=	0,088	0,176	0,158
13-14	16,9	5,500	=	0,325	=	0,080	0,160	0,144
14-15	17,9	5,500	=	0,307	=	0,078	0,156	0,140
15-16	18,9	5,500	=	0,291	=	0,070	0,140	0,126

Tabel 27. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap

Pemadatan 1		H timb	0,5	m						Pemadatan 2		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'o	σ'1	σ'c	Sc	ΣSc	Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'o	σ'2	σ'c	Sc	ΣSc
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m						(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	m	m
0-1	0,5	0,547	0,109	1,527	0,310	0,760	1,810	0,01687	0,01687	0-1	1,0	0,547	0,109	1,527	0,310	1,210	1,810	0,00875	0,00875
1-2	1,5	0,547	0,109	1,527	0,930	1,371	2,430	0,00730	0,02417	1-2	2,0	0,547	0,109	1,527	0,930	1,812	2,430	0,00525	0,01400
2-3	2,5	0,547	0,109	1,527	1,550	1,982	3,050	0,00462	0,02879	2-3	3,0	0,547	0,109	1,527	1,550	2,396	3,050	0,00357	0,01756
3-4	3,5	0,547	0,109	1,527	2,170	2,575	3,670	0,00322	0,03201	3-4	4,0	0,547	0,109	1,527	2,170	2,953	3,670	0,00258	0,02014
4-5	4,5	0,547	0,109	1,527	2,790	3,159	4,290	0,00234	0,03435	4-5	5,0	0,547	0,109	1,527	2,790	3,519	4,290	0,00203	0,02217
5-6	5,5	0,519	0,104	1,435	3,432	3,774	4,932	0,00176	0,03611	5-6	6,0	0,519	0,104	1,435	3,432	4,098	4,932	0,00152	0,02369
6-7	6,5	0,519	0,104	1,435	4,095	4,401	5,595	0,00133	0,03744	6-7	7,0	0,519	0,104	1,435	4,095	4,698	5,595	0,00121	0,02490
7-8	7,5	0,519	0,104	1,435	4,759	5,047	6,259	0,00109	0,03853	7-8	8,0	0,519	0,104	1,435	4,759	5,317	6,259	0,00096	0,02587
8-9	8,5	0,532	0,106	1,418	5,435	5,696	6,935	0,00090	0,03942	8-9	9,0	0,532	0,106	1,418	5,435	5,948	6,935	0,00083	0,02669
9-10	9,5	0,532	0,106	1,418	6,124	6,358	7,624	0,00072	0,04014	9-10	10,0	0,532	0,106	1,418	6,124	6,592	7,624	0,00069	0,02739
10-11	10,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,030	8,314	0,00060	0,04074	10-11	11,0	0,532	0,106	1,418	6,814	7,246	8,314	0,00058	0,02796
11-12	11,5	0,419	0,084	1,263	8,249	8,447	9,749	0,00038	0,04112	11-12	12,0	0,419	0,084	1,263	8,249	8,654	9,749	0,00039	0,02835
12-13	12,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,166	10,477	0,00034	0,04146	12-13	13,0	0,419	0,084	1,263	8,977	9,355	10,477	0,00033	0,02868
13-14	13,5	0,419	0,084	1,263	9,704	9,875	11,204	0,00028	0,04174	13-14	14,0	0,419	0,084	1,263	9,704	10,046	11,204	0,00028	0,02896
14-15	14,5	0,419	0,084	1,263	10,432	10,597	11,932	0,00025	0,04199	14-15	15,0	0,419	0,084	1,263	10,432	10,759	11,932	0,00024	0,02920
15-16	15,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,321	12,659	0,00023	0,04222	15-16	16,0	0,419	0,084	1,263	11,159	11,480	12,659	0,00022	0,02943

Tabel 27. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 3		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_1	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	1,5	0,547	0,109	1,527	0,310	1,656	1,810	0,00591	0,00591
1-2	2,5	0,547	0,109	1,527	0,930	2,241	2,430	0,00399	0,00990
2-3	3,5	0,547	0,109	1,527	1,550	2,796	3,050	0,00290	0,01280
3-4	4,5	0,547	0,109	1,527	2,170	3,322	3,670	0,00221	0,01502
4-5	5,5	0,547	0,109	1,527	2,790	3,861	4,290	0,00174	0,01676
5-6	6,5	0,519	0,104	1,435	3,432	4,404	4,932	0,00133	0,01809
6-7	7,5	0,519	0,104	1,435	4,095	4,983	5,595	0,00109	0,01918
7-8	8,5	0,519	0,104	1,435	4,759	5,578	6,259	0,00089	0,02007
8-9	9,5	0,532	0,106	1,418	5,435	6,191	6,935	0,00077	0,02083
9-10	10,5	0,532	0,106	1,418	6,124	6,812	7,624	0,00063	0,02146
10-11	11,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,453	8,314	0,00054	0,02200
11-12	12,5	0,419	0,084	1,263	8,249	8,843	9,749	0,00035	0,02235
12-13	13,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,535	10,477	0,00031	0,02265
13-14	14,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,217	11,204	0,00027	0,02292
14-15	15,5	0,419	0,084	1,263	10,432	10,918	11,932	0,00024	0,02316
15-16	16,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,633	12,659	0,00021	0,02337

Pemadatan 4		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_1	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	2	0,547	0,109	1,527	0,310	2,092	1,810	0,01529	0,01529
1-2	3	0,547	0,109	1,527	0,930	2,655	2,430	0,00984	0,02512
2-3	4	0,547	0,109	1,527	1,550	3,174	3,050	0,00537	0,03050
3-4	5	0,547	0,109	1,527	2,170	3,679	3,670	0,00209	0,03259
4-5	6	0,547	0,109	1,527	2,790	4,185	4,290	0,00152	0,03410
5-6	7	0,519	0,104	1,435	3,432	4,701	4,932	0,00121	0,03531
6-7	8	0,519	0,104	1,435	4,095	5,253	5,595	0,00098	0,03629
7-8	9	0,519	0,104	1,435	4,759	5,830	6,259	0,00082	0,03711
8-9	10	0,532	0,106	1,418	5,435	6,425	6,935	0,00071	0,03781
9-10	11	0,532	0,106	1,418	6,124	7,024	7,624	0,00059	0,03840
10-11	12	0,532	0,106	1,418	6,814	7,651	8,314	0,00050	0,03890
11-12	13	0,419	0,084	1,263	8,249	9,032	9,749	0,00034	0,03924
12-13	14	0,419	0,084	1,263	8,977	9,711	10,477	0,00030	0,03954
13-14	15	0,419	0,084	1,263	9,704	10,379	11,204	0,00025	0,03979
14-15	16	0,419	0,084	1,263	10,432	11,076	11,932	0,00023	0,04002
15-16	17	0,419	0,084	1,263	11,159	11,777	12,659	0,00020	0,04022

Tabel 27. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 5		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_i	σ'_e	Sc	ΣSc
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	2,5	0,547	0,109	1,527	0,310	2,520	1,810	0,01752	0,01752
1-2	3,5	0,547	0,109	1,527	0,930	3,052	2,430	0,01314	0,03066
2-3	4,5	0,547	0,109	1,527	1,550	3,543	3,050	0,01035	0,04101
3-4	5,5	0,547	0,109	1,527	2,170	4,017	3,670	0,00828	0,04928
4-5	6,5	0,547	0,109	1,527	2,790	4,491	4,290	0,00477	0,05406
5-6	7,5	0,519	0,104	1,435	3,432	4,986	4,932	0,00188	0,05594
6-7	8,5	0,519	0,104	1,435	4,095	5,519	5,595	0,00092	0,05685
7-8	9,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,073	6,259	0,00076	0,05761
8-9	10,5	0,532	0,106	1,418	5,435	6,641	6,935	0,00063	0,05824
9-10	11,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,226	7,624	0,00054	0,05878
10-11	12,5	0,532	0,106	1,418	6,814	7,845	8,314	0,00048	0,05926
11-12	13,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,212	9,749	0,00032	0,05958
12-13	14,5	0,419	0,084	1,263	8,977	9,882	10,477	0,00028	0,05986
13-14	15,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,538	11,204	0,00024	0,06011
14-15	16,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,224	11,932	0,00021	0,06032
15-16	17,5	0,419	0,084	1,263	11,159	11,917	12,659	0,00019	0,06051

Pemadatan 6		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_i	σ'_e	Sc	ΣSc
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	3	0,547	0,109	1,527	0,310	2,934	1,810	0,01431	0,01431
1-2	4	0,547	0,109	1,527	0,930	3,430	2,430	0,01098	0,02529
2-3	5	0,547	0,109	1,527	1,550	3,899	3,050	0,00902	0,03431
3-4	6	0,547	0,109	1,527	2,170	4,341	3,670	0,00730	0,04160
4-5	7	0,547	0,109	1,527	2,790	4,787	4,290	0,00599	0,04759
5-6	8	0,519	0,104	1,435	3,432	5,256	4,932	0,00488	0,05247
6-7	9	0,519	0,104	1,435	4,095	5,771	5,595	0,00311	0,05558
7-8	10	0,519	0,104	1,435	4,759	6,303	6,259	0,00121	0,05679
8-9	11	0,532	0,106	1,418	5,435	6,853	6,935	0,00060	0,05740
9-10	12	0,532	0,106	1,418	6,124	7,426	7,624	0,00052	0,05792
10-11	13	0,532	0,106	1,418	6,814	8,038	8,314	0,00046	0,05838
11-12	14	0,419	0,084	1,263	8,249	9,389	9,749	0,00031	0,05869
12-13	15	0,419	0,084	1,263	8,977	10,044	10,477	0,00026	0,05895
13-14	16	0,419	0,084	1,263	9,704	10,691	11,204	0,00023	0,05918
14-15	17	0,419	0,084	1,263	10,432	11,368	11,932	0,00021	0,05939
15-16	18	0,419	0,084	1,263	11,159	12,057	12,659	0,00019	0,05957

Tabel 27. Hasil Perhitungan Pemampatan Tanah Akibat Penimbunan Bertahap (Lanjutan)

Pemadatan 7		H timb	0,5	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_o	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	3,5	0,547	0,109	1,527	0,310	3,330	1,810	0,01191	0,01191
1-2	4,5	0,547	0,109	1,527	0,930	3,801	2,430	0,00966	0,02156
2-3	5,5	0,547	0,109	1,527	1,550	4,238	3,050	0,00783	0,02939
3-4	6,5	0,547	0,109	1,527	2,170	4,647	3,670	0,00641	0,03580
4-5	7,5	0,547	0,109	1,527	2,790	5,071	4,290	0,00543	0,04123
5-6	8,5	0,519	0,104	1,435	3,432	5,513	4,932	0,00442	0,04565
6-7	9,5	0,519	0,104	1,435	4,095	6,009	5,595	0,00373	0,04938
7-8	10,5	0,519	0,104	1,435	4,759	6,519	6,259	0,00312	0,05250
8-9	11,5	0,532	0,106	1,418	5,435	7,057	6,935	0,00189	0,05439
9-10	12,5	0,532	0,106	1,418	6,124	7,616	7,624	0,00049	0,05487
10-11	13,5	0,532	0,106	1,418	6,814	8,205	8,314	0,00039	0,05527
11-12	14,5	0,419	0,084	1,263	8,249	9,554	9,749	0,00028	0,05555
12-13	15,5	0,419	0,084	1,263	8,977	10,206	10,477	0,00026	0,05581
13-14	16,5	0,419	0,084	1,263	9,704	10,844	11,204	0,00023	0,05604
14-15	17,5	0,419	0,084	1,263	10,432	11,512	11,932	0,00020	0,05624
15-16	18,5	0,419	0,084	1,263	11,159	12,198	12,659	0,00019	0,05643

Pemadatan 8		H timb	0,4	m					
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o	σ'_o	σ'_c	Sc	$\sum Sc$
					(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	m	m
0-1	3,9	0,547	0,109	1,527	0,310	3,707	1,810	0,01007	0,01007
1-2	4,9	0,547	0,109	1,527	0,930	4,158	2,430	0,00843	0,01850
2-3	5,9	0,547	0,109	1,527	1,550	4,562	3,050	0,00693	0,02543
3-4	6,9	0,547	0,109	1,527	2,170	4,942	3,670	0,00579	0,03122
4-5	7,9	0,547	0,109	1,527	2,790	5,341	4,290	0,00488	0,03610
5-6	8,9	0,519	0,104	1,435	3,432	5,765	4,932	0,00413	0,04023
6-7	9,9	0,519	0,104	1,435	4,095	6,243	5,595	0,00353	0,04377
7-8	10,9	0,519	0,104	1,435	4,759	6,733	6,259	0,00299	0,04676
8-9	11,9	0,532	0,106	1,418	5,435	7,255	6,935	0,00265	0,04940
9-10	12,9	0,532	0,106	1,418	6,124	7,800	7,624	0,00220	0,05160
10-11	13,9	0,532	0,106	1,418	6,814	8,371	8,314	0,00091	0,05251
11-12	14,9	0,419	0,084	1,263	8,249	9,716	9,749	0,00027	0,05278
12-13	15,9	0,419	0,084	1,263	8,977	10,365	10,477	0,00025	0,05303
13-14	16,9	0,419	0,084	1,263	9,704	10,988	11,204	0,00021	0,05324
14-15	17,9	0,419	0,084	1,263	10,432	11,652	11,932	0,00020	0,05344
15-16	18,9	0,419	0,084	1,263	11,159	12,324	12,659	0,00017	0,05360

Tabel 28. Hasil Perhitungan Perubahan Tegangan untuk $U < 100\%$ Akibat Penimbunan Bertahap 8 Minggu

Tegangan efektif											
Tegangan	Hi	z	Po'	σ_1'	σ_2'	σ_3'	σ_4'	σ_5'	σ_6'	σ_7'	σ_8'
	(m)	(m)	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2
Kedalaman			H= 0m	H= 0,5m	H= 1m	H= 1,5m	H= 2m	H= 2,5m	H= 3m	H= 3,5m	H= 4m
1	1	0,5	0,310	0,760	1,210	1,656	2,092	2,520	2,934	3,330	3,707
2	1	1,5	0,930	1,371	1,812	2,241	2,655	3,052	3,430	3,801	4,158
3	1	2,5	1,550	1,982	2,396	2,796	3,174	3,543	3,899	4,238	4,562
4	1	3,5	2,170	2,575	2,953	3,322	3,679	4,017	4,341	4,647	4,942
5	1	4,5	2,790	3,159	3,519	3,861	4,185	4,491	4,787	5,071	5,341
6	1	5,5	3,432	3,774	4,098	4,404	4,701	4,986	5,256	5,513	5,765
7	1	6,5	4,095	4,401	4,698	4,983	5,253	5,519	5,771	6,009	6,243
8	1	7,5	4,759	5,047	5,317	5,578	5,830	6,073	6,303	6,519	6,733
9	1	8,5	5,435	5,696	5,948	6,191	6,425	6,641	6,853	7,057	7,255
10	1	9,5	6,124	6,358	6,592	6,812	7,024	7,226	7,426	7,616	7,800
11	1	10,5	6,814	7,030	7,246	7,453	7,651	7,845	8,038	8,205	8,371
12	1	11,5	7,504	7,699	7,884	8,060	8,227	8,385	8,534	8,675	8,808
13	1	12,5	8,194	8,369	8,534	8,690	8,837	8,975	9,105	9,228	9,344
14	1	13,5	8,884	9,039	9,184	9,320	9,447	9,566	9,677	9,781	9,878
15	1	14,5	9,574	9,709	9,834	9,950	10,057	10,156	10,248	10,333	10,411
16	1	15,5	10,264	10,379	10,484	10,580	10,667	10,746	10,818	10,883	10,941

Tabel 29. Hasil Perhitungan Perubahan Tegangan untuk $U < 100\%$ Akibat Penimbunan Bertahap 8 Minggu

Derajat Konsolidasi $U < 100\%$										
Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Delta P8'$	$\Sigma \sigma'$
	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2
Tinggi Timbunan	H= 0m	H= 0,5m	H= 1m	H= 1,5m	H= 2m	H= 2,5m	H= 3m	H= 3,5m	H= 4m	
Umur Timbunan	-	8 minggu	7 minggu	6 minggu	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu	
Kedalaman/ U	-	0,613	0,566	0,512	0,452	0,384	0,308	0,221	0,122	
1	0,310	0,227	0,229	0,211	0,184	0,155	0,121	0,083	0,044	1,565
2	0,930	0,250	0,234	0,208	0,179	0,146	0,112	0,079	0,042	2,179
3	1,550	0,252	0,224	0,197	0,165	0,137	0,106	0,072	0,038	2,743
4	2,170	0,240	0,207	0,184	0,157	0,127	0,097	0,066	0,035	3,283
5	2,790	0,221	0,199	0,171	0,143	0,115	0,089	0,061	0,032	3,822
6	3,432	0,206	0,180	0,154	0,132	0,107	0,082	0,056	0,030	4,379
7	4,095	0,185	0,166	0,144	0,120	0,101	0,076	0,052	0,028	4,967
8	4,759	0,175	0,151	0,132	0,113	0,092	0,070	0,047	0,026	5,564
9	5,435	0,159	0,141	0,123	0,105	0,082	0,065	0,044	0,024	6,178
10	6,124	0,142	0,131	0,112	0,095	0,077	0,061	0,042	0,022	6,806
11	6,814	0,132	0,121	0,105	0,089	0,074	0,059	0,037	0,020	7,450
12	8,249	0,121	0,116	0,096	0,085	0,069	0,054	0,036	0,020	8,847
13	8,977	0,115	0,106	0,092	0,079	0,065	0,050	0,036	0,019	9,540
14	9,704	0,104	0,096	0,087	0,073	0,061	0,047	0,034	0,017	10,224
15	10,432	0,101	0,091	0,081	0,071	0,056	0,044	0,032	0,017	10,926
16	11,159	0,099	0,089	0,078	0,065	0,054	0,043	0,031	0,015	11,634

Tabel 30. Hasil Perhitungan Peningkatan Cu

Kedalaman	PI	Cu Lama	Cu Baru
(m)		t/m ²	t/m ²
0-1	31,730	3,389	0,954
1-2	31,730	3,389	1,040
2-3	31,730	3,389	1,118
3-4	31,730	3,389	1,193
4-5	31,730	3,389	1,268
5-6	33,940	4,624	1,329
6-7	33,940	4,624	1,409
7-8	33,940	4,624	1,490
8-9	28,790	3,725	1,624
9-10	28,790	3,725	1,714
10-11	28,790	3,725	1,806
11-12	30,295	6,687	1,985
12-13	30,295	6,687	2,083
13-14	30,295	6,687	2,180
14-15	30,295	6,687	2,279
15-16	30,295	6,687	2,379

LAMPIRAN 8

PERHITUNGAN PERENCANAAN PERKUATAN *GEOTEXTILE WALLS* UNTUK OPRIT TIMBUNAN (ALTERNATIF 1)

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Geotextile* untuk H oprit = 8 m

No	z (m)	σH_s (kN/m ²)	σH_q (kN/m ²)	σH total (kN/m ²)	Jumlah Lembar	Sv (m)	Sv pakai (m)	Le (m)	Le pakai (m)	Lr (m)	L total	L pakai (m)	Lo (m)	Lo pakai (m)	Ltotal (m)
1	0,8	4,8	5,733	10,53	1,00	1,20	0,8	0,81	1	4,16	5,16	5,5	0,40	1	7,3
2	1,6	9,6	5,733	15,33	1,00	0,82	0,8	0,59	1	3,70	4,70	5,5	0,29	1	7,3
3	2	12	5,733	17,73	1,00	0,71	0,4	0,27	1	3,46	4,46	5,5	0,14	1	6,9
4	2,4	14,4	5,733	20,13	1,00	0,63	0,4	0,26	1	3,23	4,23	5,5	0,13	1	6,9
5	2,8	16,8	5,733	22,53	1,00	0,56	0,4	0,25	1	3,00	4,00	5,5	0,12	1	6,9
6	3,2	19,2	5,733	24,93	1,00	0,51	0,4	0,24	1	2,77	3,77	5,5	0,12	1	6,9
7	3,6	21,6	5,733	27,33	1,00	0,46	0,4	0,23	1	2,54	3,54	5,5	0,12	1	6,9
8	4	24	5,733	29,73	1,00	0,42	0,4	0,23	1	2,31	3,31	5,5	0,11	1	6,9
9	4,4	26,4	5,733	32,13	1,00	0,39	0,4	0,22	1	2,08	3,08	5,5	0,11	1	6,9
10	4,6	27,6	5,733	33,33	1,00	0,38	0,2	0,11	1	1,96	2,96	5,5	0,06	1	6,7
11	4,8	28,8	5,733	34,53	1,00	0,37	0,2	0,11	1	1,85	2,85	5,5	0,06	1	6,7
12	5	30	5,733	35,73	1,00	0,35	0,2	0,11	1	1,73	2,73	5,5	0,05	1	6,7
13	5,2	31,2	5,733	36,93	1,00	0,34	0,2	0,11	1	1,62	2,62	5,5	0,05	1	6,7

14	5,4	32,4	5,733	38,13	1,00	0,33	0,2	0,11	1	1,50	2,50	5,5	0,05	1	6,7
15	5,6	33,6	5,733	39,33	1,00	0,32	0,2	0,11	1	1,39	2,39	5,5	0,05	1	6,7
16	5,8	34,8	5,733	40,53	1,00	0,31	0,2	0,11	1	1,27	2,27	5,5	0,05	1	6,7
17	6	36	5,733	41,73	1,00	0,30	0,2	0,11	1	1,15	2,15	5,5	0,05	1	6,7
18	6,2	37,2	5,733	42,93	1,00	0,29	0,2	0,11	1	1,04	2,04	5,5	0,05	1	6,7
19	6,4	38,4	5,733	44,13	1,00	0,29	0,2	0,11	1	0,92	1,92	5,5	0,05	1	6,7
20	6,6	39,6	5,733	45,33	1,00	0,28	0,2	0,11	1	0,81	1,81	5,5	0,05	1	6,7
21	6,8	40,8	5,733	46,53	1,00	0,27	0,2	0,11	1	0,69	1,69	5,5	0,05	1	6,7
22	7	42	5,733	47,73	1,00	0,26	0,2	0,10	1	0,58	1,58	5,5	0,05	1	6,7
23	7,2	43,2	5,733	48,93	1,00	0,26	0,2	0,10	1	0,46	1,46	5,5	0,05	1	6,7
24	7,4	44,4	5,733	50,13	1,00	0,25	0,2	0,10	1	0,35	1,35	5,5	0,05	1	6,7
25	7,6	45,6	5,733	51,33	1,00	0,25	0,2	0,10	1	0,23	1,23	5,5	0,05	1	6,7
26	7,8	46,8	5,733	52,53	1,00	0,24	0,2	0,10	1	0,12	1,12	5,5	0,05	1	6,7
27	8	48	5,733	53,73	1,00	0,23	0,2	0,10	1	0,00	1,00	5,5	0,05	1	6,7

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Geotextile* untuk H oprit = 7 m

No	z (m)	σH_s (kN/m ²)	σH_q (kN/m ²)	σH total (kN/m ²)	Jumlah Lembar	Sv (m)	Sv pakai (m)	Le (m)	Le pakai (m)	Lr (m)	L total (m)	L pakai (m)	Lo (m)	Lo pakai (m)	L total (m)
1	0,8	4,8	5,73	10,53	1	1,20	0,8	0,81	1	3,58	4,58	5,5	0,40	1	7,3
2	1,6	9,6	5,73	15,33	1	0,82	0,8	0,59	1	3,12	4,12	5,5	0,29	1	7,3
3	2	12	5,73	17,73	1	0,71	0,4	0,27	1	2,89	3,89	5,5	0,14	1	6,9
4	2,4	14,4	5,73	20,13	1	0,63	0,4	0,26	1	2,66	3,66	5,5	0,13	1	6,9
5	2,8	16,8	5,73	22,53	1	0,56	0,4	0,25	1	2,42	3,42	5,5	0,12	1	6,9
6	3,2	19,2	5,73	24,93	1	0,51	0,4	0,24	1	2,19	3,19	5,5	0,12	1	6,9
7	3,6	21,6	5,73	27,33	1	0,46	0,4	0,23	1	1,96	2,96	5,5	0,12	1	6,9
8	4	24	5,73	29,73	1	0,42	0,4	0,23	1	1,73	2,73	5,5	0,11	1	6,9
9	4,2	25,2	5,73	30,93	1	0,41	0,2	0,11	1	1,62	2,62	3	0,06	1	4,2
10	4,4	26,4	5,73	32,13	1	0,39	0,2	0,11	1	1,50	2,50	3	0,06	1	4,2
11	4,6	27,6	5,73	33,33	1	0,38	0,2	0,11	1	1,39	2,39	3	0,06	1	4,2
12	4,8	28,8	5,73	34,53	1	0,37	0,2	0,11	1	1,27	2,27	3	0,06	1	4,2
13	5	30	5,73	35,73	1	0,35	0,2	0,11	1	1,15	2,15	3	0,05	1	4,2
14	5,2	31,2	5,73	36,93	1	0,34	0,2	0,11	1	1,04	2,04	3	0,05	1	4,2
15	5,4	32,4	5,73	38,13	1	0,33	0,2	0,11	1	0,92	1,92	3	0,05	1	4,2
16	5,6	33,6	5,73	39,33	1	0,32	0,2	0,11	1	0,81	1,81	3	0,05	1	4,2
17	5,8	34,8	5,73	40,53	1	0,31	0,2	0,11	1	0,69	1,69	3	0,05	1	4,2
18	6	36	5,73	41,73	1	0,30	0,2	0,11	1	0,58	1,58	3	0,05	1	4,2
19	6,2	37,2	5,73	42,93	1	0,29	0,2	0,11	1	0,46	1,46	3	0,05	1	4,2
20	6,4	38,4	5,73	44,13	1	0,29	0,2	0,11	1	0,35	1,35	3	0,05	1	4,2
21	6,6	39,6	5,73	45,33	1	0,28	0,2	0,11	1	0,23	1,23	3	0,05	1	4,2
22	6,8	40,8	5,73	46,53	1	0,27	0,2	0,11	1	0,12	1,12	3	0,05	1	4,2
23	7	42	5,73	47,73	1	0,26	0,2	0,10	1	0,00	1,00	3	0,05	1	4,2

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Geotextile* untuk H oprit = 6 m

No	z (m)	σ_{Hs} (kN/m ²)	σ_{Hq} (kN/m ²)	σ_H total (kN/m ²)	Jumlah Lembar	Sv (m)	Sv pakai (m)	Le (m)	Le pakai (m)	Lr (m)	L total (m)	L pakai (m)	Lo (m)	Lo pakai (m)	L total (m)
1	0,8	4,8	5,73	10,53	1	1,20	0,8	0,81	1	3,00	4,00	5,5	0,40	1	7,3
2	1,6	9,6	5,73	15,33	1	0,82	0,8	0,59	1	2,54	3,54	5,5	0,29	1	7,3
3	2	12	5,73	17,73	1	0,71	0,4	0,27	1	2,31	3,31	5,5	0,14	1	6,9
4	2,4	14,4	5,73	20,13	1	0,63	0,4	0,26	1	2,08	3,08	5,5	0,13	1	6,9
5	2,8	16,8	5,73	22,53	1	0,56	0,4	0,25	1	1,85	2,85	5,5	0,12	1	6,9
6	3,2	19,2	5,73	24,93	1	0,51	0,4	0,24	1	1,62	2,62	5,5	0,12	1	6,9
7	3,6	21,6	5,73	27,33	1	0,46	0,4	0,23	1	1,39	2,39	5,5	0,12	1	6,9
8	4	24	5,73	29,73	1	0,42	0,4	0,23	1	1,15	2,15	5,5	0,11	1	6,9
9	4,2	25,2	5,73	30,93	1	0,41	0,2	0,11	1	1,04	2,04	3	0,06	1	4,2
10	4,4	26,4	5,73	32,13	1	0,39	0,2	0,11	1	0,92	1,92	3	0,06	1	4,2
11	4,6	27,6	5,73	33,33	1	0,38	0,2	0,11	1	0,81	1,81	3	0,06	1	4,2
12	4,8	28,8	5,73	34,53	1	0,37	0,2	0,11	1	0,69	1,69	3	0,06	1	4,2
13	5	30	5,73	35,73	1	0,35	0,2	0,11	1	0,58	1,58	3	0,05	1	4,2
14	5,2	31,2	5,73	36,93	1	0,34	0,2	0,11	1	0,46	1,46	3	0,05	1	4,2
15	5,4	32,4	5,73	38,13	1	0,33	0,2	0,11	1	0,35	1,35	3	0,05	1	4,2
16	5,6	33,6	5,73	39,33	1	0,32	0,2	0,11	1	0,23	1,23	3	0,05	1	4,2
17	5,8	34,8	5,73	40,53	1	0,31	0,2	0,11	1	0,12	1,12	3	0,05	1	4,2
18	6	36	5,73	41,73	1	0,30	0,2	0,11	1	0,00	1,00	3	0,05	1	4,2

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Geotextile* untuk H oprit = 5 m

No	z (m)	σ_{Hs} (kN/m ²)	σ_{Hq} (kN/m ²)	σ_H total (kN/m ²)	Jumlah Lembar	Sv (m)	Sv pakai (m)	Le (m)	Le pakai (m)	Lr (m)	L total (m)	L pakai (m)	Lo (m)	Lo pakai (m)	L total (m)
1	0,8	4,8	5,733	10,53	1,00	1,20	0,8	0,81	1	2,42	3,42	5,5	0,40	1	7,3
2	1,6	9,6	5,733	15,33	1,00	0,82	0,8	0,59	1	1,96	2,96	5,5	0,29	1	7,3
3	2	12	5,733	17,73	1,00	0,71	0,4	0,27	1	1,73	2,73	5,5	0,14	1	6,9
4	2,4	14,4	5,733	20,13	1,00	0,63	0,4	0,26	1	1,50	2,50	5,5	0,13	1	6,9
5	2,8	16,8	5,733	22,53	1,00	0,56	0,4	0,25	1	1,27	2,27	5,5	0,12	1	6,9
6	3,2	19,2	5,733	24,93	1,00	0,51	0,4	0,24	1	1,04	2,04	5,5	0,12	1	6,9
7	3,6	21,6	5,733	27,33	1,00	0,46	0,4	0,23	1	0,81	1,81	5,5	0,12	1	6,9
8	4	24	5,733	29,73	1,00	0,42	0,4	0,23	1	0,58	1,58	5,5	0,11	1	6,9
9	4,2	25,2	5,733	30,93	1,00	0,41	0,2	0,11	1	0,46	1,46	3	0,06	1	4,2
10	4,4	26,4	5,733	32,13	1,00	0,39	0,2	0,11	1	0,35	1,35	3	0,06	1	4,2
11	4,6	27,6	5,733	33,33	1,00	0,38	0,2	0,11	1	0,23	1,23	3	0,06	1	4,2
12	4,8	28,8	5,733	34,53	1,00	0,37	0,2	0,11	1	0,12	1,12	3	0,06	1	4,2
13	5	30	5,733	35,73	1,00	0,35	0,2	0,11	1	0,00	1,00	3	0,05	1	4,2

Tabel 5. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Geotextile* untuk H oprit = 4 m

No	z (m)	σ_{Hs} (kN/m ²)	σ_{Hq} (kN/m ²)	σ_H total (kN/m ²)	Jumlah Lembar	Sv (m)	Sv pakai (m)	Le (m)	Le pakai (m)	Lr (m)	L total (m)	L pakai (m)	Lo (m)	Lo pakai (m)	L total (m)
1	0,8	4,8	5,73	10,53	1	1,20	0,8	0,81	1	1,85	2,85	5,5	0,40	1	7,3
2	1,6	9,6	5,73	15,33	1	0,82	0,8	0,59	1	1,39	2,39	5,5	0,29	1	7,3
3	2	12	5,73	17,73	1	0,71	0,4	0,27	1	1,15	2,15	3	0,14	1	4,4
4	2,4	14,4	5,73	20,13	1	0,63	0,4	0,26	1	0,92	1,92	3	0,13	1	4,4
5	2,8	16,8	5,73	22,53	1	0,56	0,4	0,25	1	0,69	1,69	3	0,12	1	4,4
6	3,2	19,2	5,73	24,93	1	0,51	0,4	0,24	1	0,46	1,46	3	0,12	1	4,4
7	3,6	21,6	5,73	27,33	1	0,46	0,4	0,23	1	0,23	1,23	3	0,12	1	4,4
8	4	24	5,73	29,73	1	0,42	0,4	0,23	1	0,00	1,00	3	0,11	1	4,4

Tabel 6. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Geotextile* untuk H oprit = 3 m

No	z (m)	σ_{Hs} (kN/m ²)	σ_{Hq} (kN/m ²)	σ_H total (kN/m ²)	Jumlah Lembar	Sv (m)	Sv pakai (m)	Le (m)	Le pakai (m)	Lr (m)	L total (m)	L pakai (m)	Lo (m)	Lo pakai (m)	L total (m)
1	1	6	5,733	11,73	1,00	1,07	1	0,90	1	1,15	2,15	5,5	0,45	1	7,5
2	1,8	10,8	5,733	16,53	1,00	0,76	0,8	0,56	1	0,69	1,69	5,5	0,28	1	7,3
3	2,2	13,2	5,733	18,93	1,00	0,67	0,4	0,26	1	0,46	1,46	3	0,13	1	4,4
4	2,6	15,6	5,733	21,33	1,00	0,59	0,4	0,25	1	0,23	1,23	3	0,13	1	4,4
5	3	18	5,733	23,73	1,00	0,53	0,4	0,24	1	0,00	1,00	3	0,12	1	4,4

Tabel 6. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Geotextile* memanjang

No	z (m)	σH_s (kN/m ²)	σH_q (kN/m ²)	σH total (kN/m ²)	Jumlah Lembar	Sv (m)	Sv pakai (m)	Le (m)	Le pakai (m)	Lr (m)	L total (m)	L pakai (m)	Lo (m)	Lo pakai (m)	Ltotal (m)
1	0,8	4,8	5,733	10,53	1,00	1,20	0,8	0,81	1	4,16	5,16	5,5	0,40	1	7,3
2	1,6	9,6	5,733	15,33	1,00	0,82	0,8	0,59	1	3,70	4,70	5,5	0,29	1	7,3
3	2	12	5,733	17,73	1,00	0,71	0,4	0,27	1	3,46	4,46	5,5	0,14	1	6,9
4	2,4	14,4	5,733	20,13	1,00	0,63	0,4	0,26	1	3,23	4,23	5,5	0,13	1	6,9
5	2,8	16,8	5,733	22,53	1,00	0,56	0,4	0,25	1	3,00	4,00	5,5	0,12	1	6,9
6	3,2	19,2	5,733	24,93	1,00	0,51	0,4	0,24	1	2,77	3,77	5,5	0,12	1	6,9
7	3,6	21,6	5,733	27,33	1,00	0,46	0,4	0,23	1	2,54	3,54	5,5	0,12	1	6,9
8	4	24	5,733	29,73	1,00	0,42	0,4	0,23	1	2,31	3,31	5,5	0,11	1	6,9
9	4,4	26,4	5,733	32,13	1,00	0,39	0,4	0,22	1	2,08	3,08	5,5	0,11	1	6,9
10	4,6	27,6	5,733	33,33	1,00	0,38	0,2	0,11	1	1,96	2,96	5,5	0,06	1	6,7
11	4,8	28,8	5,733	34,53	1,00	0,37	0,2	0,11	1	1,85	2,85	5,5	0,06	1	6,7
12	5	30	5,733	35,73	1,00	0,35	0,2	0,11	1	1,73	2,73	5,5	0,05	1	6,7
13	5,2	31,2	5,733	36,93	1,00	0,34	0,2	0,11	1	1,62	2,62	5,5	0,05	1	6,7
14	5,4	32,4	5,733	38,13	1,00	0,33	0,2	0,11	1	1,50	2,50	5,5	0,05	1	6,7
15	5,6	33,6	5,733	39,33	1,00	0,32	0,2	0,11	1	1,39	2,39	5,5	0,05	1	6,7
16	5,8	34,8	5,733	40,53	1,00	0,31	0,2	0,11	1	1,27	2,27	5,5	0,05	1	6,7
17	6	36	5,733	41,73	1,00	0,30	0,2	0,11	1	1,15	2,15	5,5	0,05	1	6,7
18	6,2	37,2	5,733	42,93	1,00	0,29	0,2	0,11	1	1,04	2,04	5,5	0,05	1	6,7
19	6,4	38,4	5,733	44,13	1,00	0,29	0,2	0,11	1	0,92	1,92	5,5	0,05	1	6,7
20	6,6	39,6	5,733	45,33	1,00	0,28	0,2	0,11	1	0,81	1,81	5,5	0,05	1	6,7
21	6,8	40,8	5,733	46,53	1,00	0,27	0,2	0,11	1	0,69	1,69	5,5	0,05	1	6,7
22	7	42	5,733	47,73	1,00	0,26	0,2	0,10	1	0,58	1,58	5,5	0,05	1	6,7
23	7,2	43,2	5,733	48,93	1,00	0,26	0,2	0,10	1	0,46	1,46	5,5	0,05	1	6,7
24	7,4	44,4	5,733	50,13	1,00	0,25	0,2	0,10	1	0,35	1,35	5,5	0,05	1	6,7
25	7,6	45,6	5,733	51,33	1,00	0,25	0,2	0,10	1	0,23	1,23	5,5	0,05	1	6,7
26	7,8	46,8	5,733	52,53	1,00	0,24	0,2	0,10	1	0,12	1,12	5,5	0,05	1	6,7
27	8	48	5,733	53,73	1,00	0,23	0,2	0,10	1	0,00	1,00	5,5	0,05	1	6,7

LAMPIRAN 9

PERHITUNGAN PERENCANAAN PERKUATAN *FREYSSISOL* UNTUK OPRIT TIMBUNAN (ALTERNATIF 2)

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Paraweb Straps* untuk H oprit = 8 m

No	z (m)	h dinding panel (m)	σ_{Hs} (kN/m ²)	σ_{Hq} (kN/m ²)	σ_H total (kN/m ²)	Gaya Horizontal (kN)	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 100 kN / 1 dinding	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 50 kN / 1 dinding	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 30 kN / 1 dinding	Σ Gaya Tarik (kN)	Keterangan
1	1,6	1,6	9,6	5,733	15,33	27,35			2	31,10	OK
2	3,2	1,6	19,2	5,733	24,93	71,84	2			103,66	OK
3	4,8	1,6	28,8	5,733	34,53	106,09	4			207,32	OK
4	6,4	1,6	38,4	5,733	44,13	140,34	4			207,32	OK
5	8	1,6	48	5,733	53,73	174,59	4			207,32	OK

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Paraweb Straps* untuk H oprit = 7 m

No	z (m)	h dinding panel (m)	σ_{Hs} (kN/m ²)	σ_{Hq} (kN/m ²)	σ_H total (kN/m ²)	Gaya Tanah (kN)	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 100 kN / 1 dinding	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 50 kN / 1 dinding	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 30 kN / 1 dinding	Σ Gaya Tarik (kN)	Keterangan
1	1,6	1,6	9,6	5,733	15,33	27,355			2	31,10	OK
2	3,2	1,6	19,2	5,733	24,93	71,836		4		103,66	OK
3	4,8	1,6	28,8	5,733	34,53	106,09	4			207,32	OK
4	6,4	1,6	38,4	5,733	44,13	140,34	4			207,32	OK
5	7,2	0,8	43,2	5,733	48,93	83,015	2			103,66	OK

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Paraweb Straps* untuk H oprit = 6 m

No	z (m)	h dinding panel (m)	σ_{Hs} (kN/m ²)	σ_{Hq} (kN/m ²)	σ_H total (kN/m ²)	Gaya Tanah (kN)	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 100 kN / 1 dinding	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 50 kN / 1 dinding	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 30 kN / 1 dinding	Σ Gaya Tarik (kN)	Keterangan
1	1,6	1,6	9,6	5,733	15,33	27,355			2	31,10	OK
2	3,2	1,6	19,2	5,733	24,93	71,836		4		103,66	OK
3	4,8	1,6	28,8	5,733	34,53	106,09	4			207,32	OK
4	6,4	1,6	38,4	5,733	44,13	140,34	4			207,32	OK

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Paraweb Straps* untuk H oprit = 5 m

No	z (m)	h dinding panel (m)	σ_{Hs} (kN/m ²)	σ_{Hq} (kN/m ²)	σ_H total (kN/m ²)	Gaya Tanah (kN)	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 100 kN / 1 dinding	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 50 kN / 1 dinding	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 30 kN / 1 dinding	Σ Gaya Tarik (kN)	Keterangan
1	1,6	1,6	9,6	5,733	15,33	27,355			2	31,10	OK
2	3,2	1,6	19,2	5,733	24,93	71,836		4		103,66	OK
3	4,8	1,6	28,8	5,733	34,53	106,09	4			207,32	OK
4	5,6	0,8	33,6	5,733	39,33	65,889	2			103,66	OK

Tabel 5. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Paraweb Straps* untuk H oprit = 4 m

No	z (m)	h dinding panel (m)	σ_{Hs} (kN/m ²)	σ_{Hq} (kN/m ²)	σ_H total (kN/m ²)	Gaya Tanah (kN)	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 100 kN / 1 dinding	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 50 kN / 1 dinding	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 30 kN / 1 dinding	Σ Gaya Tarik (kN)	Keterangan
1	1,6	1,6	9,6	5,733	15,33	27,355			2	31,10	OK
2	3,2	1,6	19,2	5,733	24,93	71,836		4		103,66	OK
3	4	0,8	24	5,733	29,73	48,763		2		51,83	OK

Tabel 6. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Paraweb Straps* untuk H oprit = 3 m

No	z (m)	h dinding panel (m)	σ_{Hs} (kN/m ²)	σ_{Hq} (kN/m ²)	σ_H total (kN/m ²)	Gaya Tanah (kN)	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 100 kN / 1 dinding	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 50 kN / 1 dinding	Jumlah Paraweb 2S strap Tu = 30 kN / 1 dinding	Σ Gaya Tarik (kN)	Keterangan
1	1,6	1,6	9,6	5,733	15,33	27,355			2	31,10	OK
2	3,2	1,6	19,2	5,733	24,93	71,836		4		103,66	OK

Tabel 7. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Geotextile* memanjang

No	z (m)	σ_{Hs} (kN/m ²)	σ_{Hq} (kN/m ²)	σ_H total (kN/m ²)	Jumlah Lembar	Sv (m)	Sv pakai (m)	Le (m)	Le pakai (m)	Lr (m)	L total (m)	L pakai (m)	Lo (m)	Lo pakai (m)	Ltotal (m)
1	0,3	1,8	5,733	7,53	1,00	1,67	0,3	0,58	1	4,45	5,45	5,5	0,29	1	6,8
2	1,3	7,8	5,733	13,53	1,00	0,93	1,0	0,80	1	3,87	4,87	5,5	0,40	1	7,5
3	1,9	11,4	5,733	17,13	1,00	0,74	0,6	0,42	1	3,52	4,52	5,5	0,21	1	7,1
4	2,9	17,4	5,733	23,13	1,00	0,54	1,0	0,61	1	2,94	3,94	5,5	0,31	1	7,5
5	3,5	21	5,733	26,73	1,00	0,47	0,6	0,35	1	2,60	3,60	5,5	0,18	1	7,1
6	4,5	27	5,733	32,73	1,00	0,39	1,0	0,56	1	2,02	3,02	5,5	0,28	1	7,5
7	5,1	30,6	5,733	36,33	1,00	0,35	0,6	0,33	1	1,67	2,67	5,5	0,16	1	7,1
8	6,1	36,6	5,733	42,33	1,00	0,30	1,0	0,53	1	1,10	2,10	5,5	0,27	1	7,5
9	6,7	40,2	5,733	45,93	1,00	0,27	0,6	0,32	1	0,75	1,75	5,5	0,16	1	7,1
10	7,7	46,2	5,733	51,93	1,00	0,24	1,0	0,52	1	0,17	1,17	5,5	0,26	1	7,5
11	8	48	5,733	53,73	1,00	0,23	0,3	0,15	1	0,00	1,00	5,5	0,08	1	6,8



MINISTRY OF PUBLIC WORKS
DIRECTORATE GENERAL OF HIGHWAYS
DIRECTORATE OF FREEWAYS AND URBAN ROADS

DETAILED ENGINEERING DESIGN
SOLO - NGAWI AND NGAWI - KERTOSONO
SECTION : SARADAN-NGANJUK

ENGINEERING CONSULTANT : PT. ANUGERAH KRIDAPRADANA AND PT. CIPTA STRADA

Designed by :

Dr. Eng. Made Suangga, MT

Approved by :

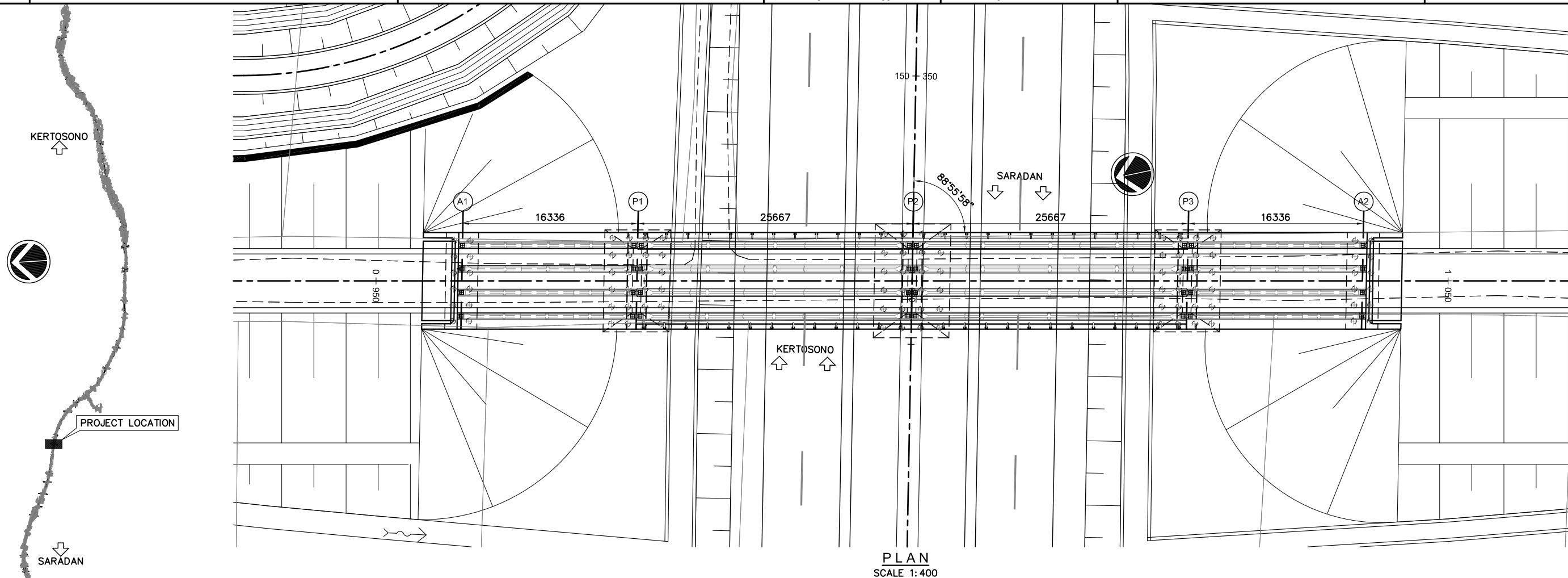
Ir. Agus Iskandar, MMT

Drawing Title :

PLAN AND PROFILE OF
MUNGKUNG OVERPASS (STA: 150+330.914)

Drawing No. : F-I-C-12-1

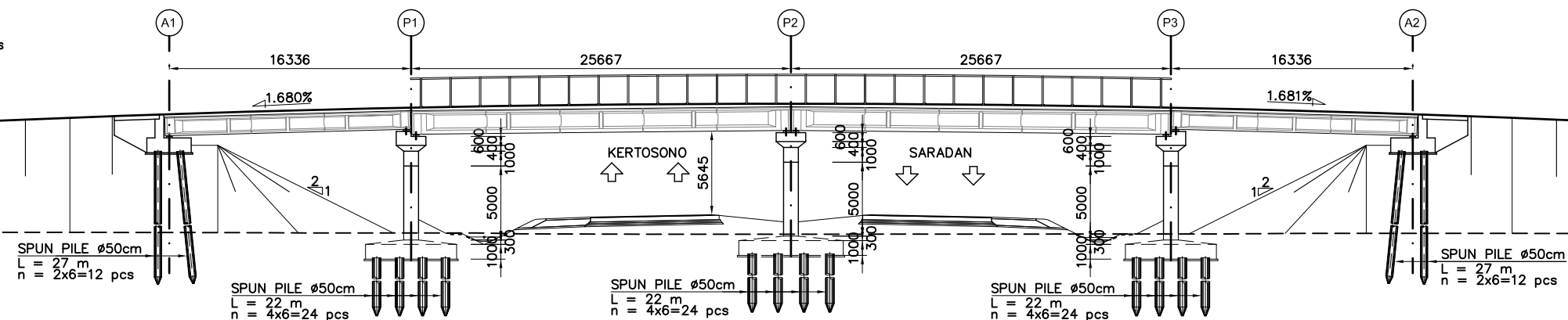
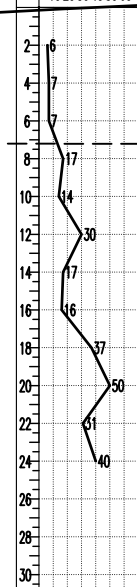
Scale : 1:400



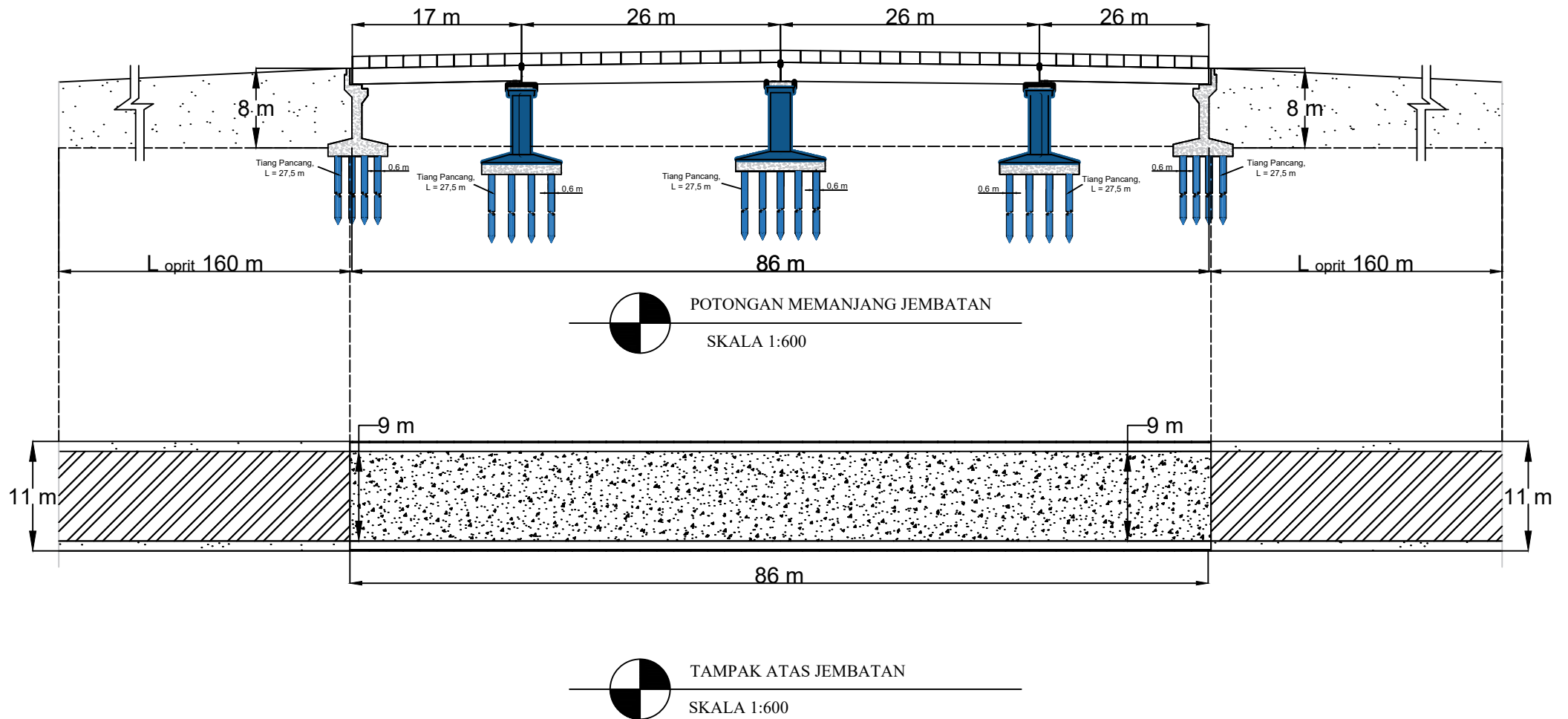
KEY PLAN

NO. = B-20
LOCATION = Mungkung overpass
STA = 150+319

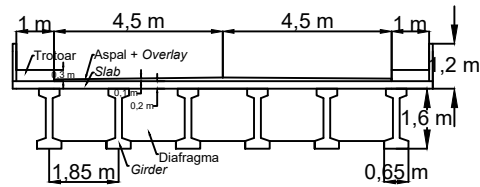
STANDARD
PENETRATION TEST
10 20 30 40 50 60



SETTING OUT	A1	P1	P2	P3	A2
FINISHED GRADE	62.092	62.534	62.798	62.534	62.092
NATURAL GROUND LEVEL	54.094	54.059	53.975	53.990	54.039
BOTTOM OF FOOTING	59.490	52.289	52.546	52.289	59.490
STATION	0+958.002	0+974.338	1+000.005	1+025.672	1+042.008
SUPERELEVATION	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%

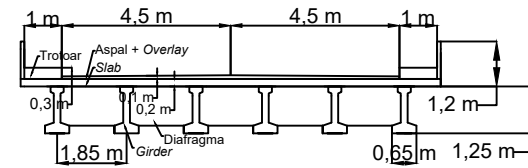


	FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
		TUGAS AKHIR	1. Ir. Suwarno, M. Eng 2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT	PRATHISTO PANUNTUN UNGGUL LISTYONO 3113100143	POTONGAN MEMANJANG DAN TAMPAK ATAS JEMBATAN	1 : 600	01	12



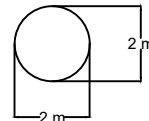
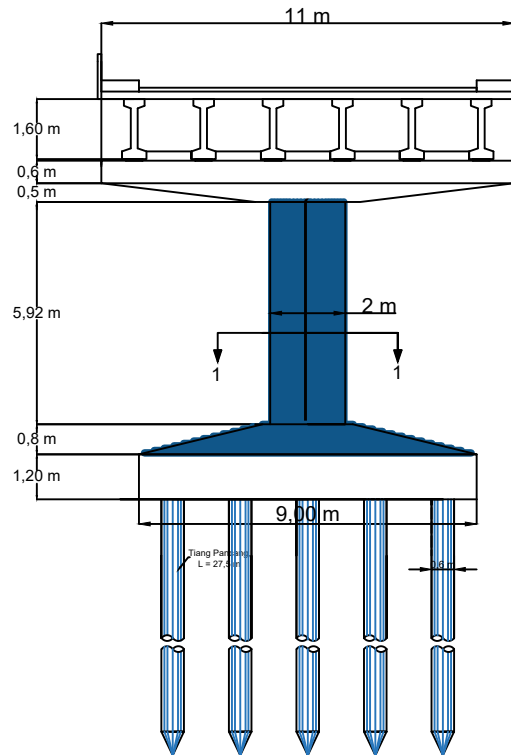
BANGUNAN ATAS JEMBATAN (PCI GIRDER - 160 CM)

SKALA 1:200



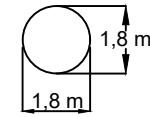
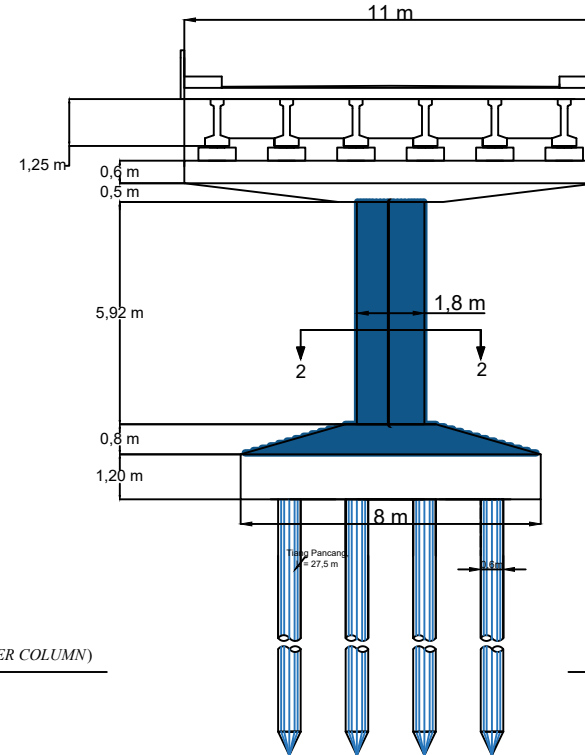
BANGUNAN ATAS JEMBATAN (PCI GIRDER - 125 CM)

SKALA 1:200



POTONGAN 1-1 (TAMPAK ATAS PIER COLUMN)

SKALA 1:200



POTONGAN 2-2 (TAMPAK ATAS PIER COLUMN)

SKALA 1:200



PERENCANAAN PILAR 1 JEMBATAN

SKALA 1:200



PERENCANAAN PILAR 2 JEMBATAN

SKALA 1:200



FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Suwarno, M. Eng
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

NAMA & NRP MAHASISWA

PRATHISTO PANUNTUN UNGGUL
LISTYONO
3113100143

NAMA GAMBAR

BANGUNAN ATAS DAN
PERENCANAAN PILAR JEMBATAN

SKALA

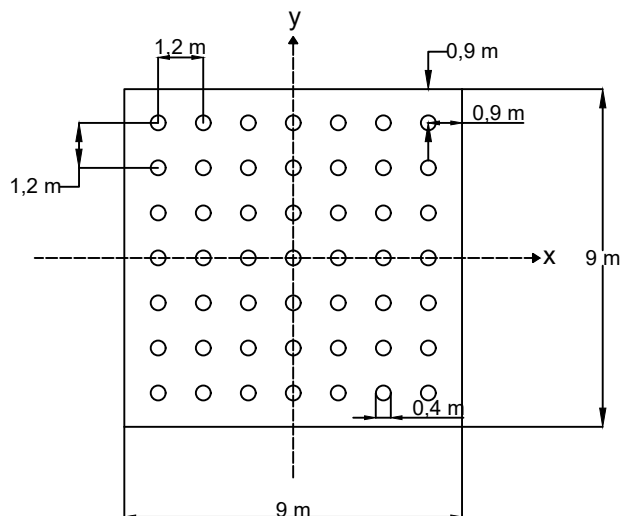
1 : 200


NO. GAMBAR

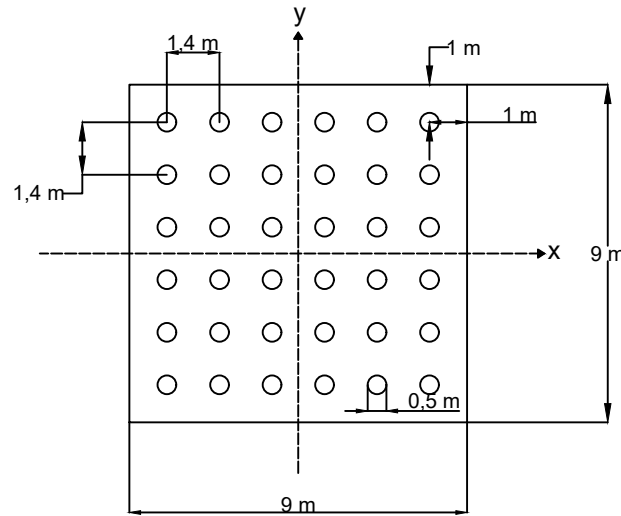
02


JUMLAH GAMBAR

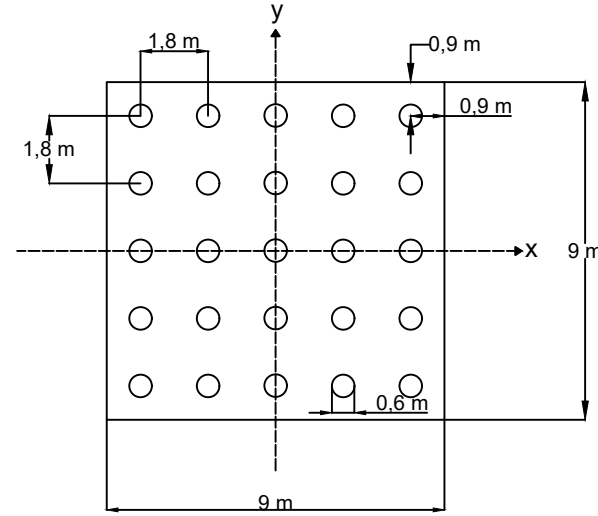
12




 KOMBINASI TIANG PANCANG D40
SKALA 1:200



 KOMBINASI TIANG PANCANG D50
SKALA 1:200



 KOMBINASI TIANG PANCANG D60
SKALA 1:200



FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Suwarno, M. Eng
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

NAMA & NRP MAHASISWA

PRATHISTO PANUNTUN UNGGUL
LISTYONO
3113100143

NAMA GAMBAR

KOMBINASI TIANG PANCANG
PILAR 1

SKALA

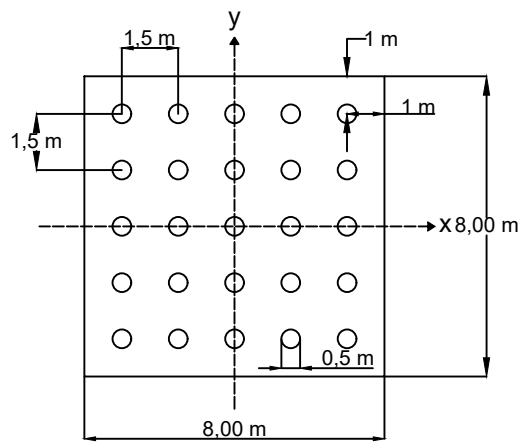
1 : 200

NO. GAMBAR

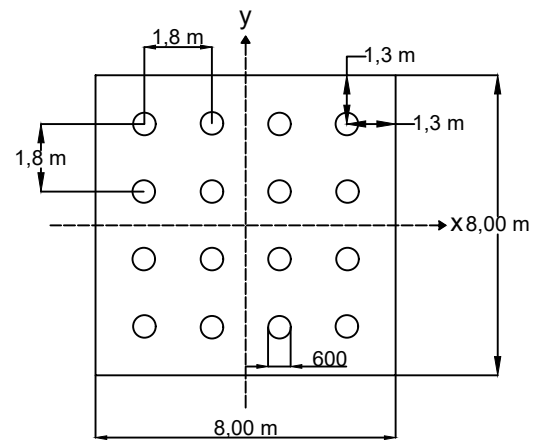
03

JUMLAH GAMBAR

12



KOMBINASI TIANG PANCANG D50
SKALA 1:200



KOMBINASI TIANG PANCANG D60
SKALA 1:200



FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Suwarno, M. Eng
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

NAMA & NRP MAHASISWA

PRATHISTO PANUNTUN UNGGUL
LISTYONO
3113100143

NAMA GAMBAR

KOMBINASI TIANG PANCANG
PILAR 2

SKALA

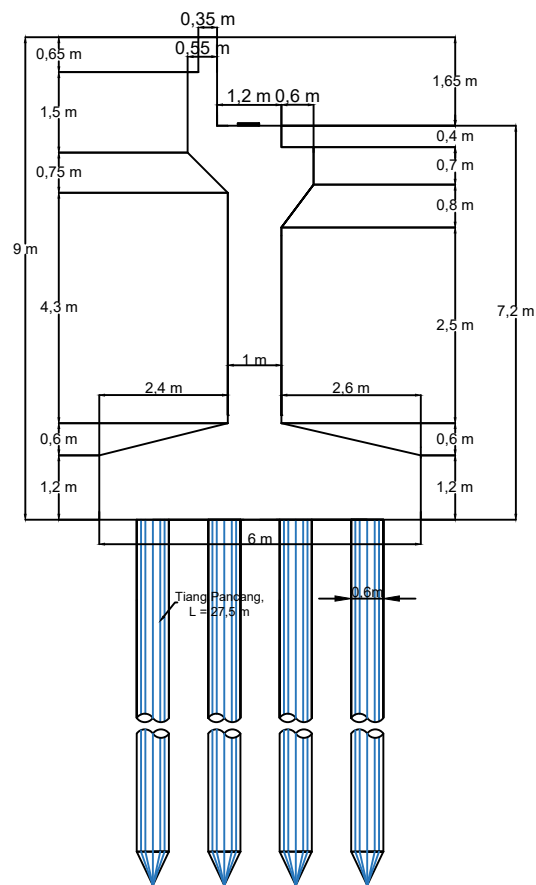
1 : 200

NO. GAMBAR

04

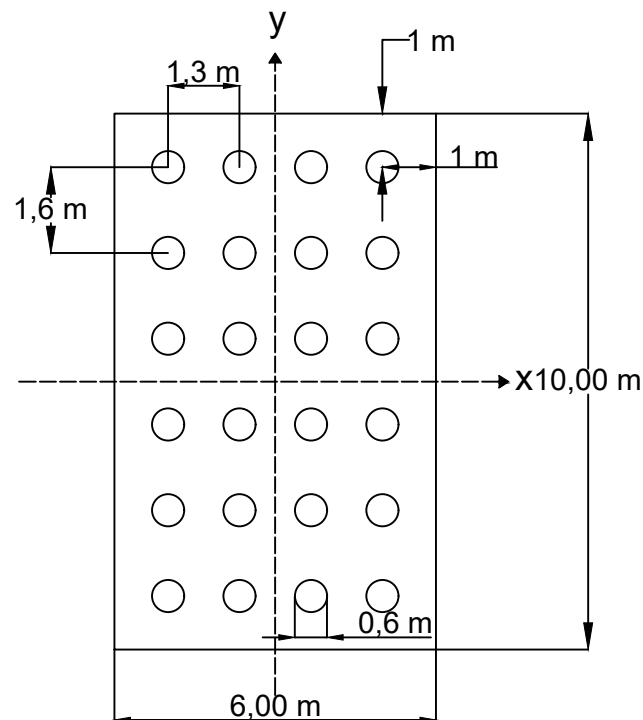
JUMLAH GAMBAR

12



PERENCANAAN ABUTMENT JEMBATAN

SKALA 1:200



KOMBINASI TIANG PANCANG D60

SKALA 1:200



FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Suwarno, M. Eng
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

NAMA & NRP MAHASISWA

PRATHISTO PANUNTUN UNGGUL
LISTYONO
3113100143

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN ABUTMENT
JEMBATAN DAN KOMBINASI
TIANG PANCANG ABUTMENT

SKALA

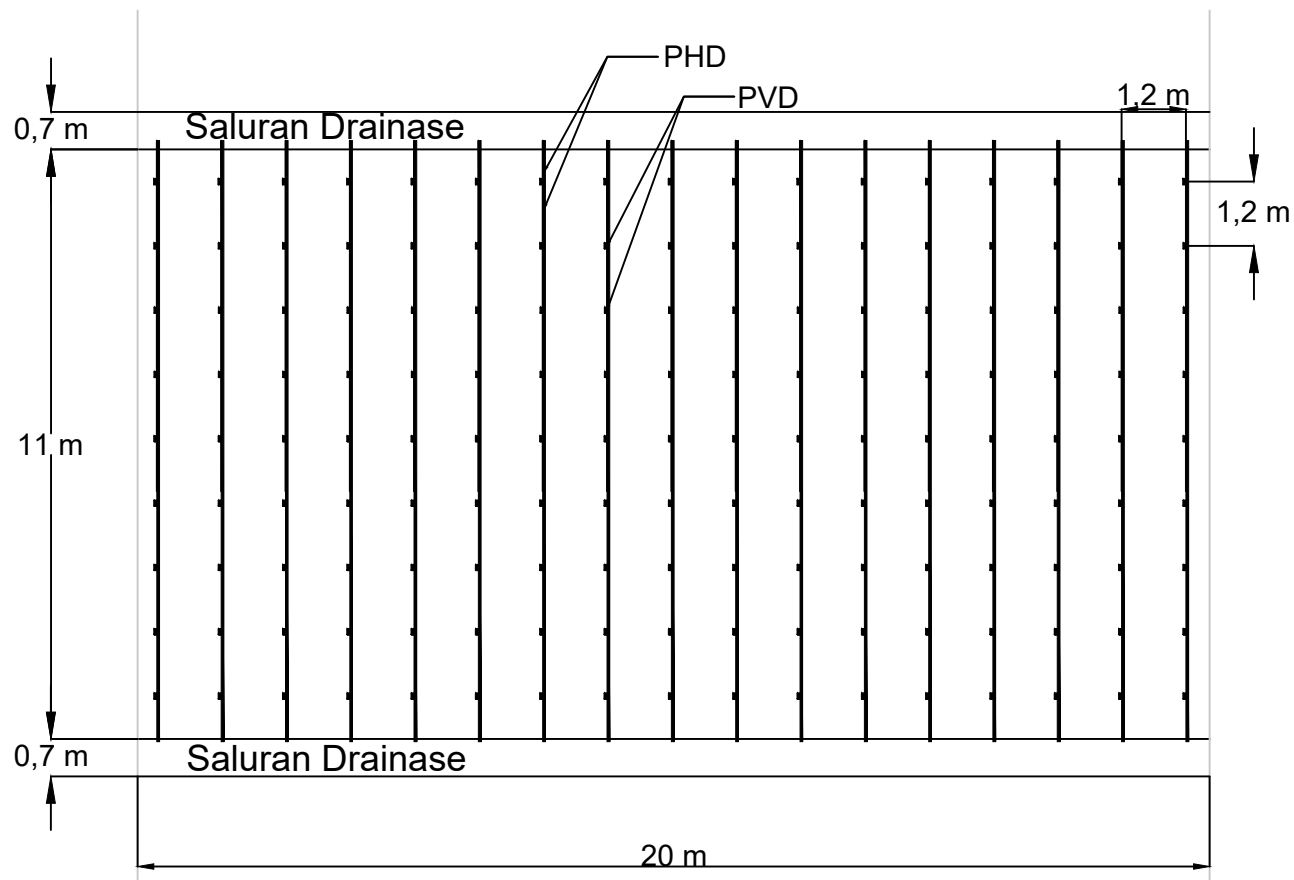
1 : 200


NO. GAMBAR


05

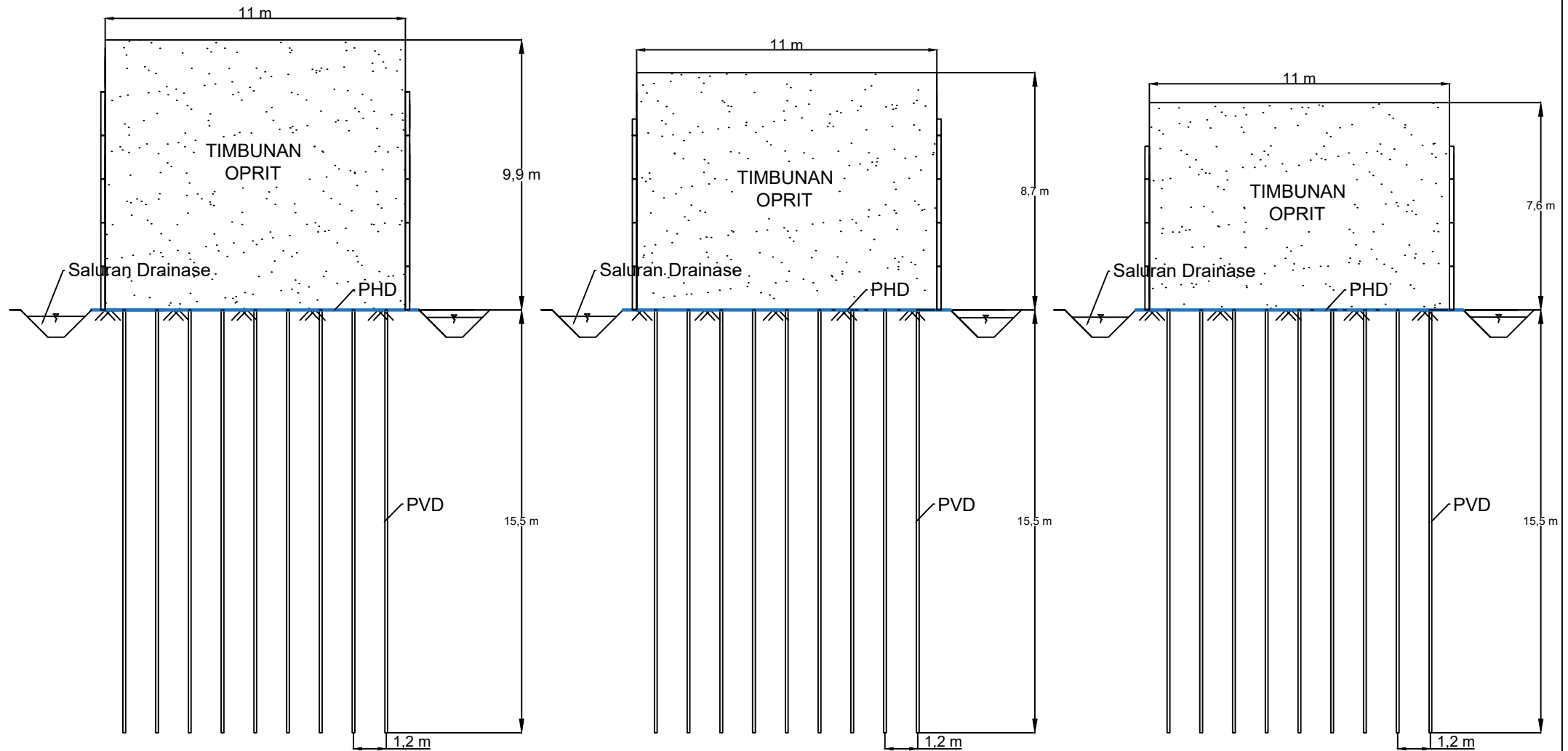
JUMLAH GAMBAR

12




 TAMPAK ATAS OPRIT JEMBATAN (PERENCANAAN PVD DAN PHD)
 SKALA 1:200

	FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
		TUGAS AKHIR	1. Ir. Suwarno, M. Eng 2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT	PRATHISTO PANUNTUN UNGGUL LISTYONO 3113100143	TAMPAK ATAS OPRIT JEMBATAN (PERENCANAAN PVD DAN PHD)	1 : 200	06	12



PEMASANGAN PVD PADA TIMBUNAN OPRIT 8 M

SKALA 1:200



PEMASANGAN PVD PADA TIMBUNAN OPRIT 7 M

SKALA 1:200



PEMASANGAN PVD PADA TIMBUNAN OPRIT 6 M

SKALA 1:200



FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Suwarno, M. Eng
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

NAMA & NRP MAHASISWA

PRATHISTO PANUNTUN UNGGUL
LISTYONO
3113100143

NAMA GAMBAR

PEMASANGAN PVD PADA
TIMBUNAN OPRIT

SKALA

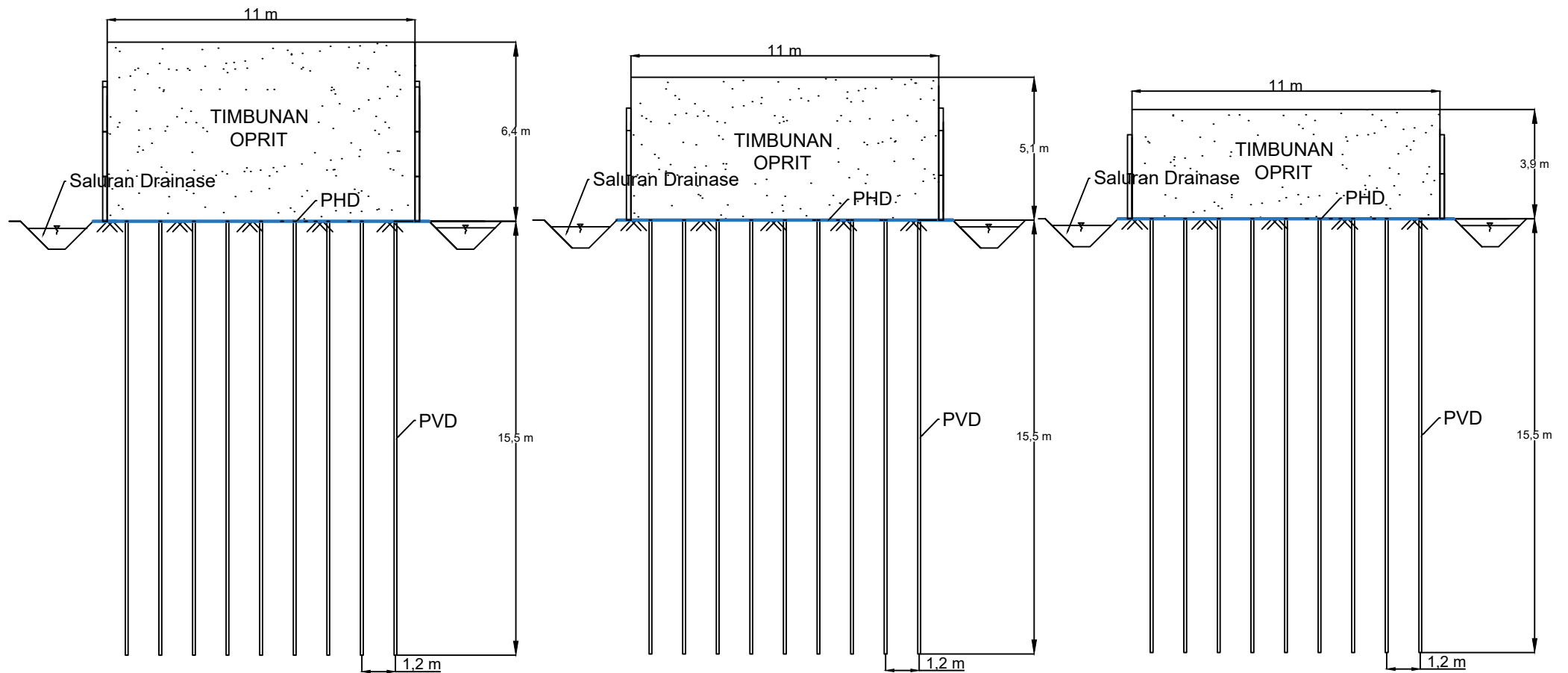
1 : 200

NO. GAMBAR

07

JUMLAH GAMBAR

12



PEMASANGAN PVD PADA TIMBUNAN OPRIT 5 M

SKALA 1:200



PEMASANGAN PVD PADA TIMBUNAN OPRIT 4 M

SKALA 1:200



PEMASANGAN PVD PADA TIMBUNAN OPRIT 3 M

SKALA 1:200



FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Suwarno, M. Eng
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

NAMA & NRP MAHASISWA

PRATHISTO PANUNTUN UNGGUL
LISTYONO
3113100143

NAMA GAMBAR

PEMASANGAN PVD PADA
TIMBUNAN OPRIT

SKALA

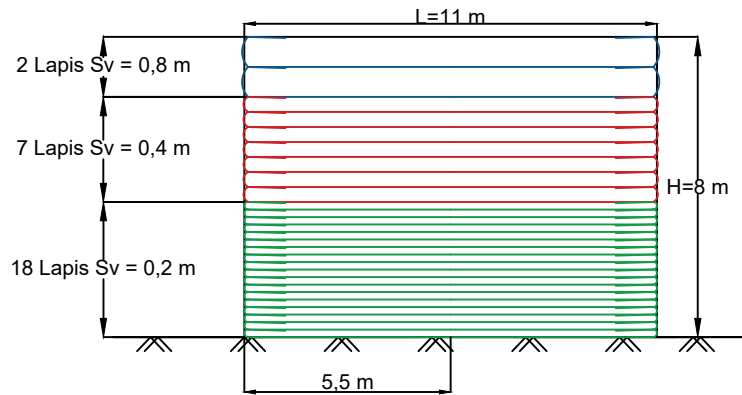
1 : 200

NO. GAMBAR

08

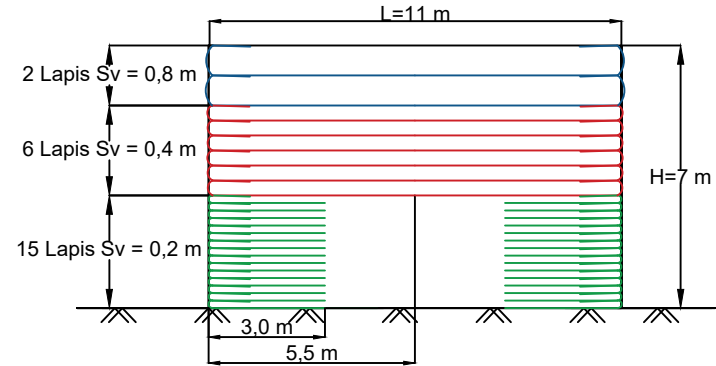
JUMLAH GAMBAR

12



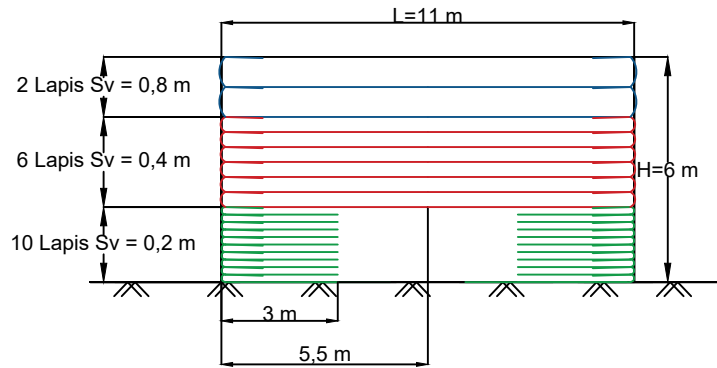
POTONGAN MELINTANG PERENCANAAN PERKUATAN *GEOTEXTILE WALLS* (H OPRIT 8 M)

SKALA 1:200



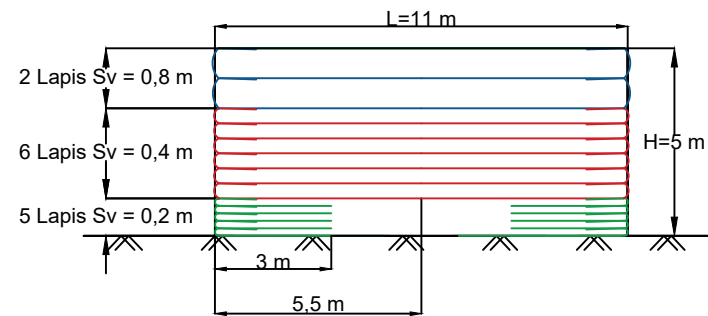
POTONGAN MELINTANG PERENCANAAN PERKUATAN *GEOTEXTILE WALLS* (H OPRIT 7 M)

SKALA 1:200



POTONGAN MELINTANG PERENCANAAN PERKUATAN *GEOTEXTILE WALLS* (H OPRIT 6 M)

SKALA 1:200



POTONGAN MELINTANG PERENCANAAN PERKUATAN *GEOTEXTILE WALLS* (H OPRIT 5 M)

SKALA 1:200



FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Suwarno, M. Eng
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

NAMA & NRP MAHASISWA

PRATHISTO PANUNTUN UNGGUL
LISTYONO
3113100143

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG
PERENCANAAN PERKUATAN
GEOTEXTILE WALLS

SKALA

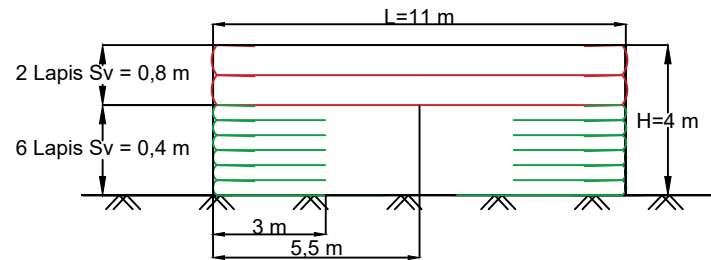
1 : 200

NO. GAMBAR

09

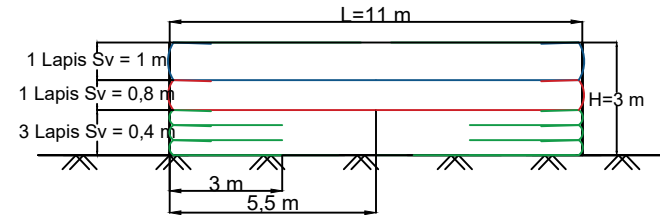
JUMLAH GAMBAR

12



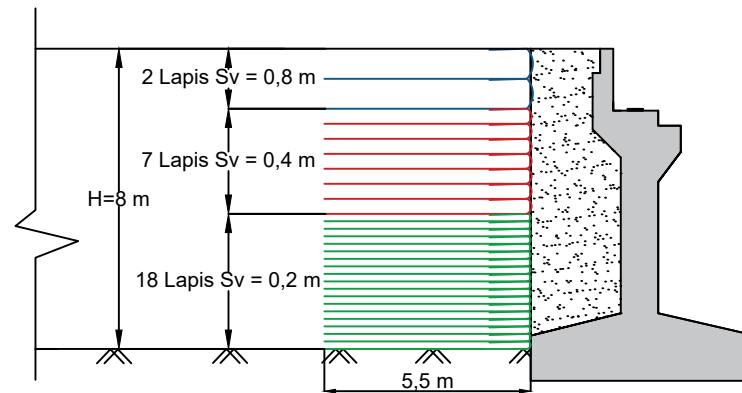
POTONGAN MELINTANG PERENCANAAN PERKUATAN *GEOTEXTILE WALLS* (H OPRIT 4 M)

SKALA 1:200



POTONGAN MELINTANG PERENCANAAN PERKUATAN *GEOTEXTILE WALLS* (H OPRIT 3 M)

SKALA 1:200



POTONGAN MEMANJANG PERENCANAAN PERKUATAN *GEOTEXTILE WALLS* (H OPRIT 8 M)

SKALA 1:200



FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Suwarno, M. Eng
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

NAMA & NRP MAHASISWA

PRATHISTO PANUNTUN UNGGUL
LISTYONO
3113100143

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG DAN
MEMANJANG PERENCANAAN
PERKUATAN *GEOTEXTILE WALLS*

SKALA

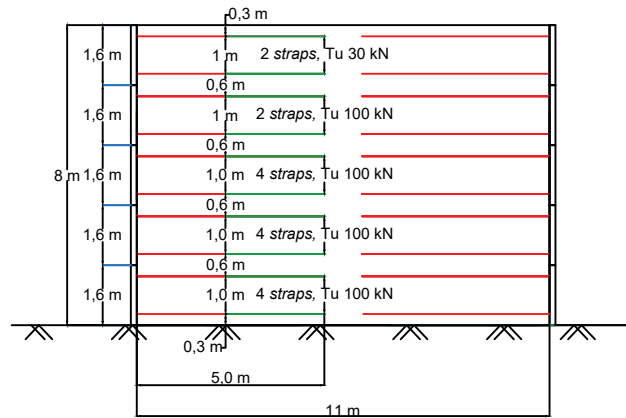
1 : 200

NO. GAMBAR

10

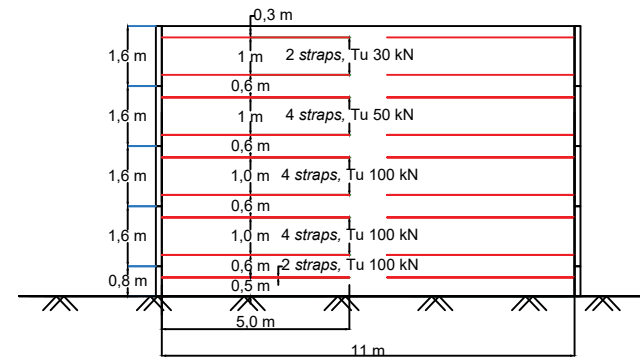
JUMLAH GAMBAR

12



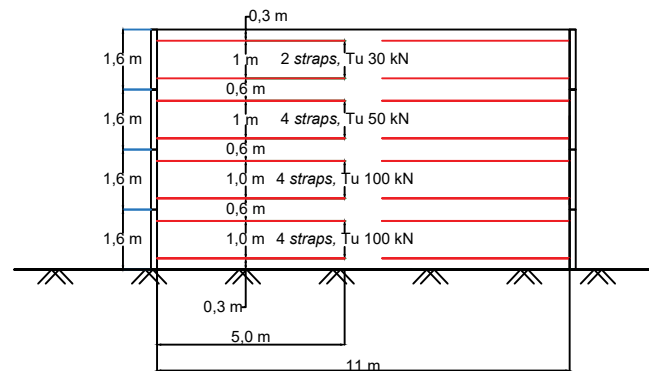
POTONGAN MELINTANG PERENCANAAN PERKUATAN *FREYSSISOL*
(H OPRIT 8 M)

SKALA 1:200



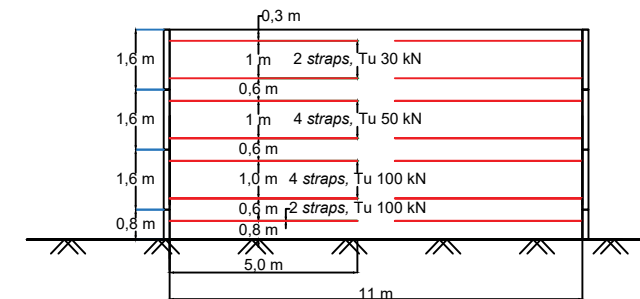
POTONGAN MELINTANG PERENCANAAN PERKUATAN *FREYSSISOL*
(H OPRIT 7 M)

SKALA 1:200



POTONGAN MELINTANG PERENCANAAN PERKUATAN *FREYSSISOL*
(H OPRIT 6 M)

SKALA 1:200



POTONGAN MELINTANG PERENCANAAN PERKUATAN *FREYSSISOL*
(H OPRIT 5 M)

SKALA 1:200



FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Suwarno, M. Eng
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

NAMA & NRP MAHASISWA

PRATHISTO PANUNTUN UNGGUL
LISTYONO
3113100143

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG
PERENCANAAN PERKUATAN
FREYSSISOL

SKALA

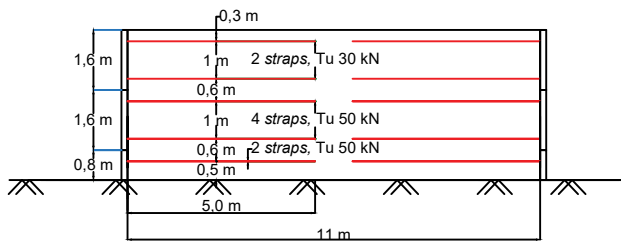
1 : 200

NO. GAMBAR

11

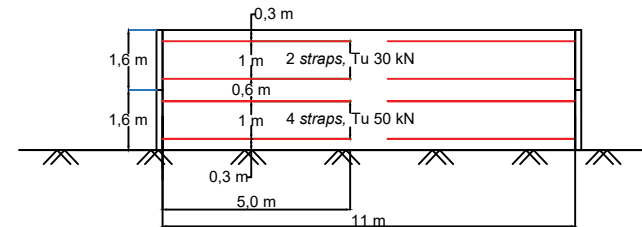
JUMLAH GAMBAR

12



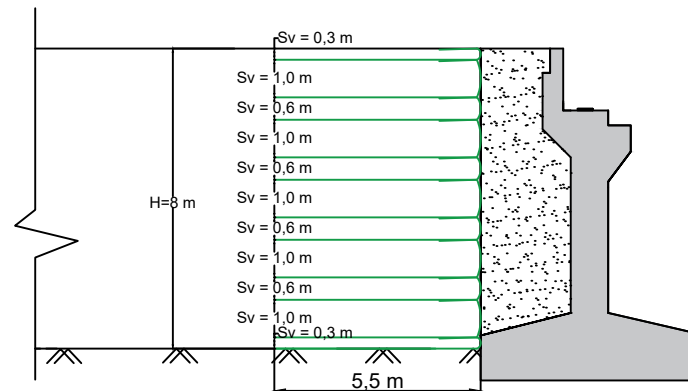
POTONGAN MELINTANG PERENCANAAN PERKUATAN FREYSSISOL
(H OPRIT 4 M)

SKALA 1:200



POTONGAN MELINTANG PERENCANAAN PERKUATAN FREYSSISOL
(H OPRIT 3 M)

SKALA 1:200



POTONGAN MEMANJANG PERENCANAAN PERKUATAN GEOTEXTILE
WALLS (H OPRIT 8 M)

SKALA 1:200



FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Suwarno, M. Eng
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

NAMA & NRP MAHASISWA

PRATHISTO PANUNTUN UNGGUL
LISTYONO
3113100143

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN PERKUATAN
FREYSSISOL DAN PERENCANAAN
GEOTEXTILE WALLS MEMANJANG

SKALA

1 : 200

NO. GAMBAR

12

JUMLAH GAMBAR

12

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Prathisto Panuntun Unggul Listyono, dilahirkan di Cilacap 16 Mei 1995, merupakan anak ketiga dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Islam Al-Azhar (Cilacap), SD Islam Al-Azhar 16 (Cilacap), SMP Negeri 1 (Cilacap), dan SMA Negeri 1 (Cilacap). Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Cilacap tahun 2013, Penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3113 100 143.

Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Geoteknik. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan perlombaan dalam bidang geoteknik. Penulis juga aktif dalam beberapa seminar dan pelatihan yang diselenggarakan oleh kampus ITS.

Contact Person:

Email : prathisto.unggul@gmail.com

No. Hp : 085726015678

“halaman ini sengaja dikosongkan”